



**TUGAS AKHIR - ME 141501**

**PERENCANAAN SISTEM PROPULSI YANG OPTIMAL UNTUK  
OPERASIONAL KAPAL RORO BARGE**

**EKA SATYA ADI CARAKA**

**NRP 04211546000005**

**Dosen Pembimbing :**

**Edi Jadmiko, ST, MT**

**Ir. Amiadji. MM., M.Sc**

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN**

**Fakultas Teknologi Kelautan**

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Surabaya**

**2018**



**FINAL PROJECT - ME 141501**

**PLANNING OF OPTIMAL PROPULSION SYSTEM FOR RORO BARGE  
SHIP OPERATIONS**

**EKA SATYA ADI CARAKA**

**NRP 04211546000005**

**Supervisor :**

**Edi Jadmiko, ST, MT**

**Ir. Amiadji, MM., M.Sc**

**DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING**

**Faculty of Ocean Technology**

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Surabaya**

**2018**

**PERENCANAAN SISTEM PROPULSI YANG OPTIMAL UNTUK  
OPERASIONAL KAPAL RORO BARGE**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Bidang Studi Marine Manufacturing and Design

Departemen Teknik Sistem Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**Eka Satya Adi Caraka**

NRP. 04211546000005

Disetujui Oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

1. Edi Jadmiko, ST, MT

NIP. 1978 0706 2008 01 1012

2. Ir. Amiadji, MM., M.Sc

NIP. 1961 0324 1988 03 1001

(  )  
(  )

**(Surabaya, Januari 2018)**

# LEMBAR PENGESAHAN

## PERENCANAAN SISTEM PROPULSI YANG OPTIMAL UNTUK OPERASIONAL KAPAL RORO BARGE

### TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada  
Bidang Studi Marine Manufacturing and Design  
Departemen Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**Eka Satya Adi Caraka**

NRP. 04211546000005

Disetujui Oleh

Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan



**Dr. Eng. M. Badrus Zaman, ST., MT.**

NIP. 1997 0802 2008 01 1007

(Surabaya , Januari 2018)

# **PERENCANAAN SISTEM PROPULSI YANG OPTIMAL UNTUK OPERASIONAL KAPAL RORO BARGE**

**Nama Mahasiswa : Eka Satya Adi Caraka**  
**NRP : 04211546000005**  
**Departemen : Teknik Sistem Perkapalan**  
**Dosen Pembimbing : 1. Edi Jadmiko, ST., MT.**  
**2. Ir. Amiadji, MM., M.Sc**

## **ABSTRAK**

*Perencanaan sistem propulsi merupakan proses dari perencanaan desain yang penting. Oleh karena itu, perlu dilakukan suatu studi analisa perencanaan sistem propulsi untuk mengetahui sistem propulsi yang optimal dalam operasional kapal ditinjau dari aspek analisa teknik dan analisa ekonomis. Proyek perencanaan pembangunan kapal RoRo Barge ini memiliki dua perencanaan yang akan ditinjau, yaitu perencanaan kapal RoRo Barge dengan sistem propulsi menggunakan 1 mesin utama dan perencanaan kapal RoRo Barge dengan sistem propulsi menggunakan 2 mesin utama pada bagian sisi badan kapal yang berbeda.*

*Tujuan dari penelitian ini yaitu, untuk mendapatkan perencanaan sistem propulsi yang optimal untuk operasional pada Kapal RoRo Barge berdasarkan pilihan perencanaan yang sudah dibuat, berupa analisa teknik perhitungan tahanan kapal, besar daya (power) mesin utama yang dibutuhkan dan analisa ekonomis life cycle costing (LCC) untuk mengetahui besar nilai investasi yang dibutuhkan, biaya operasional kapal saat beroperasi dan biaya pemeliharaan yang dibutuhkan selama masa kerja kapal sampai selesai dalam kurun waktu 30 tahun.*

*Dari hasil penelitian didapatkan nilai tahanan kapal 12.3 kN, besar daya (power) mesin utama kapal 197 HP 147 Kw dan 112 HP 84 kW, propeller yang dipilih adalah tipe B3-35 dengan 3 daun propeller dan B4-85 dengan 4 daun propeller hasil analisa teknik. Besar nilai investasi pada perencanaan sistem propulsi dengan 1 mesin utama Rp.563.000.000,00 dan nilai investasi pada perencanaan sistem propulsi dengan 2 mesin utama Rp.837.000.000,00. Biaya operasional kapal saat beroperasi pada perencanaan sistem propulsi dengan 2 mesin utama Rp.412.344.000,00/ tahun dan pada perencanaan sistem propulsi dengan 1 mesin utama Rp.329.875.200.00/tahun dengan selisih biaya operasional kapal selama 30 tahun Rp. 3.412.512.282,56 (penambahan kenaikan biaya 2%/tahun). Biaya pemeliharaan sampai tahun ke-30 untuk perencanaan sistem propulsi dengan 1 mesin utama Rp.1.504.486.019,76 dan pada perencanaan sistem*

*propulsi dengan 2 mesin utama Rp.2.668.972.039,36. Total nilai present value 2 engine Rp.9.963.776.563,30 dan total nilai present value 1 engine Rp.5.303.320.279,22.*

***Kata Kunci : kapal RoRo Barge, tahanan kapal, sistem propulsi, life cycle costing***

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

# PLANNING OF OPTIMAL PROPULSION SYSTEM FOR RORO BARGE OPERATIONS

**Student's Name** : Eka Satya Adi Caraka  
**NRP** : 4215106005  
**Departmentt** : Teknik Sistem Perkapalan  
**Supervisor** : 1. Edi Jadmiko, ST., MT.  
2. Ir. Amiadji, MM., M.Sc

## ABSTRACT

*Propulsion system planning is a process of important design planning. Therefore, it is necessary to conduct a study of propulsion system planning to determine the optimal propulsion system in ship operation in terms of technical analysis and economic analysis. The RoRo Barge shipbuilding development project has two plans to be reviewed: RoRo Barge ship planning with propulsion system using 1 main engine and RoRo Barge ship planning with propulsion system using 2 main engines on different sides of the ship.*

*The purpose of this research is to get optimal propulsion system planning for operational on RoRo Barge ship based on the planning choice that has been made, in the form of engineering analysis of ship prisoner calculation, the main power needed and economic analysis of life cycle costing (LCC ) to know the value of the required investment, the operational cost of the ship in operation and the maintenance cost required during the ship's work to complete within 30 years.*

*This research was conducted, the ship resistance value was 12.3 kN, the main power of main engine ship was 197 HP 147 Kw and 112 HP 84 kW, the selected propeller was B3-35 type with 3 propellers and B4-85 with 4 propellers leaves the result of technical analysis. The investment value in propulsion system planning with 1 main engine was Rp.563.000.000,00 and investment value in planning of propulsion system with 2 main machine was Rp.837.000.000,00. Operating cost of ships when operating on propulsion system planning with 2 main engine was Rp.412.344.000,00 / year and on propulsion system planning with 1 main engines was Rp.329.875.200.00 / year with the difference in ship operating costs for 30 years Rp.3.412.512.826,56 (incremental cost increase of 2% / year). Maintenance cost up to 30th year for propulsion system planning with 1 main engine was Rp.1.504.486.019,76 and on propulsion system planning with 2 main engines was*



*Rp.2.668.972.039,36. Total present value for 2 engine is Rp.9.963.776.563,30 and total present value for 1 engine is Rp.5.303.320.279,22*

***Key words: RoRo Barge ship, Ship Resistance, Propulsion system, life cycle costing***

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **KATA PENGANTAR**

Bismillahirrohmanirrohim

Assalammu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur kehadiran Allah SWT dan juga Shalawat serta salam selalu untuk junjungan kita Nabi Muhammad SAW. Atas berkat rahmat dan hidayah Allah SWT, Alhamdulillah saya dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan baik yang berjudul :

***“PERENCANAAN SISTEM PROPULSI YANG OPTIMAL UNTUK OPERASIONAL KAPAL RORO BARGE”.***

Penyusunan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini, penulis berusaha semaksimal mungkin mengerjakannya dengan baik dan benar. Namun penulis menyadari bahwa laporan ini masih kurang sempurna. Untuk itu penulis mohon saran dan kritiknya guna untuk kesempurnaan laporan ini.

Akhirnya penulis senantiasa berharap bahwa apa yang ada dalam laporan ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis sendiri, dan bagi pembaca pada umumnya. Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Surabaya, Januari 2018  
Penyusun.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur Alhmandulillah dipanjatkan kehadirat Allah SWT Yang Maha Pengasih Lagi Maha Penyanyang, atas segala rahmat, hidayat serta nikmat dan karunia-Nya yang telah diberikan kepada kami, sehingga kami dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini yang berjudul : ***“PERENCANAAN SISTEM PROPULSI YANG OPTIMAL UNTUK OPERASIONAL KAPAL RORO BARGE”***.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada semua pihak yang telah terlibat dalam menyelesaikan penulisan laporan tugas akhir ini. Terimakasih ini saya sampaikan khususnya kepada :

1. Kepada Allah SWT yang selalu memberikan kemudahan untuk saya.
2. Kedua orangtua saya tercinta Bapak Hernoe Roesprijadi S.I.P, dan Ibu Ifah Noorwidiati, S.Pd. yang telah memberikan Do’a, semangat, pengorbanan, serta dukungan yang tiada hentinya dan juga kedua adik saya, Dwi Cahya Syam Wicaksana, Ananda Puspa Mega.
3. Bpk. DR. Eng.M. Badrus Zaman,ST.,MT. selaku Ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan.
4. Bpk. Juniarko Prananda, ST.,MT. selaku Dosen Wali.
5. Bpk. Edi Jadmiko, ST.,MT selaku Dosen Pembimbing I.
6. Bpk. Ir. Amiadji, MM., M.Sc selaku Dosen Pembimbing II.
7. Teman-teman seperjuangan Lintas Jalur Teknik Sistem Perkapalan Institut Teknologi Sepuluh Nopember angkatan 2015 semsester genap.
8. Teman-teman lab. MMD Teknik Sistem Perkapalan Institut Teknologi Sepuluh Nopember beserta pengurus dan jajarannya.
9. Serta Anggita Nurmalitasari yang selalu mendukung dan berdo’a untuk kelancaran dan motivasi saya.
10. Serta seluruh orang yang mendukung terselesaikannya tugas akhir ini.

Semoga dengan selesainya Tugas Akhir ini dapat menambah wawasan serta ilmu yang bermanfaat bagi para pembaca sekalian.

Akhir kata terimakasih.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Surabaya, Januari 2018

Penyusun

## DAFTAR ISI

1. Lembar Pengesahan	.....	i
2. Abstrak	.....	v
3. Kata Pengantar	.....	xi
4. Ucapan Terimakasih	.....	xiii
5. Daftar Isi	.....	xvi
6. Daftar Tabel	.....	xxi
7. Daftar Gambar	.....	xxii
8. Daftar Lampiran	.....	xxiv
BAB I : PENDAHULUAN	....	1
1.1. Latar Belakang	....	1
1.2. Perumusan Masalah	....	2
1.3. Batasan Masalah	....	2
1.4. Tujuan	....	3
1.5. Manfaat	....	3
BAB II : TINJAUAN PUSTAKA	....	5
2.1. Definisi Kapal Ro-Ro Barge	....	5
2.2. Pengertian Tahanan Kapal	....	7
2.3. Jenis-Jenis Tahanan Kapal	....	8
2.3.1. Tahanan Gesek	....	8
2.3.2. Tahanan Sisa	....	8
2.3.3. Tahanan Viskos	....	9

	2.3.4. Tahanan Tekanan	....	9
	2.3.5. Tahanan Tekanan Viskos	....	9
	2.3.6. Tahanan Gelombang	....	9
	2.3.7. Tahanan Kekasaran	....	9
	2.3.8. Tahanan Udara	....	10
	2.3.9. Tahanan Daun Kemudi	....	10
	2.4. Sistem Propulsi Kapal	....	10
	2.5. Engine Propleller Matching	....	13
	2.6. Computational Fluid Dynamic (CFD)	....	14
	2.7. Analisa Ekonomis Menggunakan Life Cycle Costing (LCC)	....	15
	2.8. Biaya Produksi dan Klarifikasi	....	18
BAB III	: METODOLOGI PENELITIAN	....	22
	3.1. Identifikasi Masalah	....	22
	3.2. Studi Leteratur	....	22
	3.3. Pengumpulan Dan Analisa Data	....	23
	3.3.1. Data Lokasi	....	23
	3.3.2. Data Arus	....	23
	3.3.3. Data Kapal	....	24
	3.4. Prediksi Tahanan Total dan Kebutuhan Daya Propulsi	....	27
	3.5. Pemilihan Mesin Induk	....	27
	3.6. Perhitungan Pemilihan Propeller	....	27
	3.7. Analisa Engine Propeller Matching (EPM)	....	27



3.8.	Analisa Aspek Ekonomi Penerapan Sistem Propulsi 2 Engine dan 1 Engine	....	27
3.9.	Kesimpulan	....	28
3.10.	Diagram Alir Penulisan Tugas Akhir	....	29
BAB IV	: ANALISA DAN PEMBAHASAN	....	32
4.1.	Data Utama Kapal	....	32
4.1.1.	Data Ukuran Utama Kapal	....	33
4.2.	Pembuatan Model Lambung Kapal	....	34
4.3.	Prediksi Tahanan Total dan Kebutuhan Daya Untuk Propulsi Kapal	....	34
4.3.1.	Volume Displacement Kapal	....	36
4.3.2.	Displacement Kapal	....	36
4.3.3.	Froud Number	....	36
4.3.4.	Reynold Number	....	37
4.3.5.	Koefisien Tahanan Gesek (Cf)	....	37
4.3.6.	Tahanan Gesek	....	37
4.3.6.1.	Length of Run (LR)	....	38
4.3.6.2.	Faktor C14	....	38
4.3.6.3.	Form Faktor (1+K1)	....	39
4.3.6.4.	Luas Permukaan Basah Kapal (S)	....	39
4.3.6.5.	Tahanan Gesek (RF(1+K1))	....	40
4.3.6.6.	Tahanan Tambahan ( $R_{APP}$ )	....	40
4.3.6.7.	Luasan Tambahan Permukaan Basah Kapal ( $S_{APP}$ )	....	41
4.3.6.8.	Nilai $(1+K_2)_{eq}$	....	42
4.3.6.9.	Tahanan Gelombang ( $R_w$ )	....	42
4.3.6.10	Lambda ( $\lambda$ )	....	43
4.3.6.11.	Nilai m1	....	43
4.3.6.12.	Nilai m2	....	44
4.3.6.13.	Nilai c5	....	44
4.3.7.	Tahanan Dinas Kapal	....	44
4.4	Perhitungan Pemilihan Mesin Utama Kapal	....	51
4.4.1.	Effective Horse Power (EHP)	....	52
4.4.2.	Delivery Horse Power (DHP)	....	52
4.4.3.	Effisiensi Lambung	....	52
4.4.4.	Wake Friction	....	53
4.4.5.	Thrust Deduction Factor	....	53

4.4.6. Thrust Horse Power (THP)	....	54
4.4.7. Shaft Horse Power (SHP)	....	54
4.4.8. Brake Horse Power (BHP scr)	....	54
4.4.9. Brake Horse Power (BHP mcr)	....	55
4.5. Pemilihan Daun dan Tipe Propeller	....	55
4.5.1. Perhitungan Diameter Maksimal	....	55
4.5.2. Menentukan Nilai $B_{P1}$	....	56
4.5.3. Pembacaan Diagram $B_{P1}$	....	56
4.5.4. Menentukan Nilai Diameter Maksimal ( $D_B$ )	....	57
4.5.5. Menentukan Nilai $\Delta b$	....	58
4.5.6. Pembacaan Diagram $B_{P2}$	....	58
4.5.7. Perhitungan Resiko Kavitasi	....	59
4.5.7.1 Menentukan $A_0$ (Luasan Optimum), $AE/A_0$ , $AE$	....	59
4.5.7.2 Menentukan Nilai $AP$ , $V_R^2$ , $T$ , $\tau_{cal}$	....	60
4.5.7.3. Menentukan Nilai $\sigma_{0,7R}$	....	61
4.5.7.4. Kesimpulan Hasil Perhitungan	....	62
4.6. Engine Propeller Matching	....	62
4.6.1. Tahanan kapal dan Kecepatan service	....	63
4.6.2. Gaya Dorong Kapal (Tship)	....	63
4.6.3. Karakteristik Baling-baling Kapal	....	63
4.6.4. Perhitungan $KT/J^2$	....	63
4.6.5. Pemilihan Tipe Propeller	....	67
4.6.6. Penggambaran Grafik Open Water pada $K_T$ -Trial dan $K_T$ -Service	....	69
4.6.7. Perhitungan Power pada Kondisi Trial dan Service	....	70
4.6.7.1. Diameter Poros	....	72
4.6.7.2. Daya Perencanaan Poros	....	73
4.6.7.3. Momen Puntir	....	73
4.6.7.4. Tegangan Geser	....	74
4.6.8. Engine Matching Point	....	74
4.7 Analisa Perhitungan Nilai Ekonomis Sistem Propulsi	....	77
4.7.1. Perhitungan Biaya Investasi	....	77
4.7.2 Perhitungan Biaya Operasional	....	77
4.7.2.1 Perhitungan Biaya Bahan Bakar	....	77
4.7.2.2. Perhitungan Gaji ABK	....	81
4.7.3. Perhitungan Biaya Pemeliharaan	....	83
4.7.3.1 Perhitungan Biaya Pemeliharaan Mesin Induk	....	83

	4.7.4. Analisis Present Value	....	87
BAB V	: KESIMPULAN DAN SARAN	....	93
	5.1. Kesimpulan	....	93
	5.2. Saran	....	94

## DAFTAR TABEL

Tabel	3.1	Data Utama Kapal Ro-Ro Barge 15 Meter	.....	24
Tabel	4.1	<i>Principal dimensions of RO-RO Barge ship</i>	.....	33
Tabel	4.2	Hasil perhitungan komponen tahanan total kapal RO-RO Barge sebagai fungsi dari Vs	.....	45
Tabel	4.3	Hasil nilai tahanan dari 3 metode perhitungan	.....	47
Tabel	4.4	Nilai <i>Wake Fraction</i> Dari Taylor	.....	53
Tabel	4.5	Hasil Perhitungan Pemilihan Propeller	.....	62
Tabel	4.6	<i>Power Prediction</i> Kondisi <i>Clean Hull (Trial)</i>	.....	71
Tabel	4.7	<i>Power Prediction</i> Kondisi <i>Rough Hull (Service)</i>	.....	72
Tabel	4.8	Biaya Investasi Sistem Propulsi Kapal <i>RoRo Barge</i>	.....	77
Tabel	4.9	Biaya bahan bakar sampai tahun pertama pada kondisi operasi kapal dengan 1 Main Engine	.....	79
Tabel	4.10	Biaya bahan bakar sampai tahun pertama pada kondisi operasi kapal dengan 2 Main Engine	.....	79
Tabel	4.11	Rencana pembiayaan bahan bakar untuk pengoperasian masing-masing sistem propulsi sampai 30 tahun	.....	80
Tabel	4.12	Gaji ABK sesuai dengan jenis kapal	.....	81
Tabel	4.13	Rencana pembiayaan Gaji ABK kapal <i>RoRo Barge</i> sampai 30 tahun	.....	82
Tabel	4.14	Rencana pemeliharaan mesin induk pada kedua sistem propulsi selama 30 tahun operasi	.....	86
Tabel	4.15	Nilai Present Value untuk biaya gaji ABK	.....	88
Tabel	4.16	Nilai Present Value untuk biaya Operasional Kapal	.....	89
Tabel	4.17	Nilai Present Value untuk biaya Pemeliharaan Mesin Induk	.....	90
Tabel	4.18	Total Nilai Present Value dan selisih nilai nya antara perencanaan sistem propulsi 1 engine dan 2 engine	.....	91

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	2.1	Kapal Ro-ro Barge	.....	5
Gambar	2.2	Bentuk Lambung Kapal RO-RO	.....	6
Gambar	2.3	Karakteristik Beban Propeller	.....	13
Gambar	2.4	Daftar biaya investasi komponen-komponen sistem propulsi kapal	.....	16
Gambar	2.5	<i>The cost life cycle product</i>	.....	17
Gambar	3.1	Peta Lokasi Perencanaan	.....	23
Gambar	3.2	3D View Kapal Ro-ro Barge 15 Meter	.....	25
Gambar	3.3	Rencana Umum Kapal Ro-ro Barge 15	.....	26
Gambar	4.1	Rencana umum Kapal RO-RO Barge	.....	33
Gambar	4.2	Pemodelan Hull Kapal Ro-Ro Barge	.....	34
Gambar	4.3	Hasil nilai tahanan menggunakan software Maxsurf	.....	48
Gambar	4.4	Gambaran aliran arus kapal RoRo Barge dengan software Maxsurf	.....	48
Gambar	4.5	Hasil nilai tahanan menggunakan software Maxsurf	.....	49
Gambar	4.6	Hasil nilai tahanan menggunakan software Maxsurf	.....	49
Gambar	4.7	Hasil nilai tahanan menggunakan software Numeca Fine Marine	.....	50
Gambar	4.8	Proses perhitungan analisa menggunakan software Numeca Fine Marine	.....	50
Gambar	4.9	Proses perhitungan analisa menggunakan software Numeca Fine Marine	.....	51
Gambar	4.10	Sistem Perporosan dan Powering	.....	52
Gambar	4.11	Pembacaan Diagram Bp1	.....	57
Gambar	4.12	Pembacaan Diagram Bp 2	.....	59
Gambar	4.13	Simple Cavitation Diagram, Lewis (Burril, et al, 1943, 1962-63)	.....	61
Gambar	4.14	Grafik KT-J keadaan Clean Hull	.....	65
Gambar	4.15	Grafik KT-J keadaan Rough Hull	.....	65
Gambar	4.16	Contoh diagram open water propeller dari propeller Wageningen (Bernitsas et al, 1981)	.....	66
Gambar	4.17	Kurva KtHull vs J pada berbagai Vs	.....	67
Gambar	4.18	Grafik KT,KQ, Dan Effisiensi B3-35	.....	68
Gambar	4.19	kurva KT,KQ,J,Effisiensi,KT-J, Pada Kondisi Clean Hull (Trial)	.....	69
Gambar	4.20	Kurva KT,KQ,J,Effisiensi,KT-J, Pada Kondisi Rough Hull (Service)	.....	69
Gambar	4.21	Grafik Engine Envelope YANMAR dan Propeller B3-35	.....	74

Gambar	4.22	Katalog Engine YANMAR 6CH-HTE3/WUTE	.....	75
Gambar	4.23	Diagram Perbandingan Penggunaan bahan bakar dengan variasi kecepatan	.....	76
Gambar	4.24	Diagram Perbandingan variasi kecepatan dengan daya engine	.....	76
Gambar	4.25	Variasi harga HSD pada berbagai region tahun 2017	.....	78
Gambar	4.26	Grafik performance curve fuel consumption	.....	78
Gambar	4.27	Periodical Maintenance Yanmar Engine	.....	85

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Kapal *RoRo barge* adalah sebuah kapal tongkang yang didesain seperti kapal jenis RoRo yang bisa memuat penumpang ataupun kendaraan yang berjalan masuk kedalam kapal dengan penggeraknya sendiri dan bisa keluar dengan sendiri. (Wiyati, 2013)

Untuk memudahkan akses keluar masuk kendaraan yang akan diangkut maupun operasional lain dikapal, maka kapal ini dilengkapi dengan berbagai fasilitas yaitu *ramp door* yang terletak di bagian buritan maupun di haluan kapal, *winch ramp door* untuk menarik menurunkan *ramp door*, fasilitas umum penunjang kenyamanan para awak kapal maupun para penumpang kapal sampai pada mode operasional yang digunakan dari sistem propulsi pada kapal. Sistem penggerak merupakan hal yang penting dalam perancangan sebuah kapal, dimana penggerak kapal berfungsi sebagai alat yang digunakan untuk memberikan aksi pada kapal berupa tenaga mekanik untuk menjalankan kapal berupa gerakan maju mundur kapal maupun maneuvering yang lain dari kapal tersebut.

Dalam sebuah mode operasional kapal, perencanaan mode operasional dari sistem propulsi kapal sangat penting karena hal ini yang menentukan bagaimana nantinya sebuah kapal akan berjalan (beroperasi). Mode operasional dari sistem propulsi yang direncanakan untuk kapal Ro-ro Barge ini memiliki dua perencanaan yang diuji yaitu kapal Ro-ro barge dengan menggunakan satu engine penggerak dan kapal Ro-ro Barge dengan menggunakan dua engine penggerak yang diletakkan pada posisi yang berbeda pada kapal yang sama. Analisa yang dilakukan akan menggunakan beberapa variasi kecepatan yang diujikan dimana nilai maksimum kecepatan pada 9 knot.

Secara garis besar perencanaan sistem propulsi untuk operasional pada kapal *RoRo Barge* adalah menentukan mode operasional dengan cara maneuvering atau dengan cara laju kapal maju mundur diantara kedua hal tersebut yang lebih optimal menggunakan satu engine penggerak dan kapal *RoRo Barge* dengan menggunakan dua engine penggerak pada posisi yang berbeda dibadan kapal.

Dalam sebuah perencanaan sistem propulsi untuk operasional suatu kapal perlu dilakukan analisa secara teknik dengan detail. Hal tersebut dilakukan, untuk mendapatkan mutu yang baik, berdasarkan ilmu pengetahuan yang ada, dan dapat bekerja sesuai dengan fungsinya. Selain itu pun output dari analisa secara teknik akan mempengaruhi dari segi analisa ekonomi yang meliputi estimasi biaya kelayakan investasi, operasional dan pemeliharaan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa analisa teknik dan ekonomi sangat diperlukan dalam sebuah perencanaan sistem propulsi untuk operasional suatu kapal dimana keduanya sangat berkaitan.

Pada penelitian ini, penulis merencanakan dan memperhitungkan sistem propulsi yang optimal untuk operasional kapal ro-ro barge dengan dua tipe yaitu tipe A dan tipe B. Sistem propulsi dengan Tipe A adalah tipe sistem propulsi dengan menggunakan 1 engine penggerak. Sistem propulsi dengan Tipe B adalah tipe sistem propulsi dengan menggunakan 2 engine penggerak yang diletakkan pada badan kapal yang berbeda. Dalam perencanaan sistem propulsi dan simulasi analisa tahanan kapal menggunakan perhitungan manual dengan metode Holtrop, program MAXSURF, Solidwork dan Numeca Fine Marine untuk mengetahui nilai tahanan kapal tersebut.

Setelah melakukan analisa teknik, dilakukan analisa ekonomi yaitu berupa perhitungan ekonomi dengan metode *Life Cycle Costing* (LCC) yaitu dengan indikator kelayakan biaya investasi, operasional kapal dan pemeliharaan.

## **1.2. Perumusan Masalah**

Dengan mengacu pada latar belakang diatas, maka perumusan masalah dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah bagaimana perencanaan sistem propulsi yang optimal untuk operasional pada Kapal *RoRo Barge* dengan 2 engine penggerak dan 1 engine penggerak?

## **1.3. Batasan Masalah**

Dari permasalahan yang harus diselesaikan di atas maka perlu adanya pembatasan masalah serta ruang lingkupnya agar dalam melakukan analisa nantinya tidak melebar dan mempermudah dalam melakukan analisa. Batasan masalah tersebut adalah sebagai berikut :



1. Analisa Teknik dengan perhitungan tahanan kapal dari kapal *Ro-Ro Barge* menggunakan perhitungan manual dengan metode Holtrop, software Maxsurf, Solidwork, Numeca Fine Marine software dan Engine Propeller Matching.
2. Membandingkan kondisi pada saat perencanaan penggunaan dua engine dan satu engine berdasarkan variasi kecepatan maksimum 9 knot
3. Analisa ekonomi menggunakan Life Cycle Costing (LCC).

#### **1.4. Tujuan**

Adapun tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk mendapatkan perencanaan sistem propulsi yang optimal untuk operasional pada Kapal *RoRo Barge*, baik dari aspek teknis maupun ekonomis.

#### **1.5. Manfaat**

Manfaat yang didapat dari penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Manfaat Bagi Teoritis : Memperkaya konsep teori dalam ilmu perkapalan, tahanan kapal, pemilihan mesin induk suatu kapal dan ilmu ekonomi teknik yang nantinya akan membantu dalam perencanaan sistem propulsi kapal.
2. Manfaat Bagi Praktisi :
  - Bagi Owner Kapal : Sebagai bahan pertimbangan untuk merencanakan sistem propulsi yang optimal untuk operasional kapal RORO Barge dan sebagai bahan pertimbangan dalam pengambilan keputusan dalam investasi.
  - Bagi Peneliti Lain : Sebagai referensi bagi penelitian sejenis dengan pengembangan penelitian berikutnya.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Definisi Kapal Ro-Ro Barge

Kapal *RoRo Barge* adalah sebuah kapal tongkang yang didesain seperti kapal jenis *Ro – ro* yang bisa memuat penumpang ataupun kendaraan yang berjalan masuk kedalam kapal dengan penggerakannya sendiri dan bisa keluar dengan sendiri. Kapal ini memiliki geladak menerus yang memanjang sepanjang kapal dan digunakan untuk menghubungkan antara dua dermaga yang berjarak pendek dan mempunyai jadwal penyebrangan yang sangat padat. Untuk memudahkan proses *loading* dan *unloading* kapal jenis ini dilengkapi dengan pintu rampa (*ramp door*) yang berfungsi sebagai jalan masuk penumpang maupun kendaraan. Selain itu pintu rampa juga sebagai penghubung antara kapal dengan *moveable bridge* ke dermaga (Wiyati, 2013)

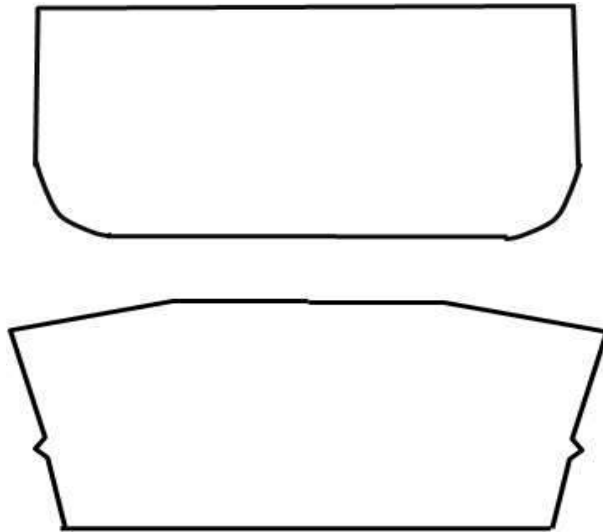


Gambar 2.1 Kapal *Ro-ro Barge*

Sumber : <http://pdf.nauticexpo.com/pdf/tts-marine/rorobarge/31735-12236.html>  
(diakses 11 Agustus 2017)

Kapal-kapal yang beroperasi di sungai ataupun danau pada prinsipnya menggunakan pendekatan yang sama seperti halnya kapal-kapal yang beroperasi dilaut, namun terdapat beberapa perbedaan yaitu dalam pelayaran pedalaman terdapat batasan dimensi, batasan olah gerak kapal, berat jenis air yang lebih kecil dari air laut sehingga draft yang kapal lebih dalam di air tawar

dari di laut, kapal sungai tidak mengalami gelombang yang besar sehingga lambung bebasnya/freeboard dapat dibuat lebih rendah. Dengan bentuk Kapal dengan lambung datar ini merupakan kapal yang bisa digunakan pada perairan tenang. Biasanya digunakan untuk kapal dengan kecepatan rendah. Banyak digunakan untuk kapal tangker, tongkang Draft kapal biasanya lebih kecil. Untuk meningkatkan stabilitas biasanya titik berat kapal diturunkan



Gambar 2.2 Bentuk Lambung Kapal RO-RO

Sumber : <http://pdf.nauticexpo.com/pdf/tts-marine/foldable-stern-ramp-door/31735-12236.html> (diakses 11 Agustus 2017)

Keuntungan bentuk kapal mendatar:

- Pada lambung datar, stabilitas relatif lebih baik karena pada bentuk datar mempunyai momen kopel lebih besar pada sudut oleng yang sama jika dibandingkan dengan bentuk V.
- Pada lambung datar, daya muat lebih besar oleh karena coefisient block ( $C_b$ ) lebih besar.
- Bentuk lambung datar diperoleh nilai periode oleng lebih baik karena nilai momen inersia massa total kapal lebih besar dari bentuk V.
- Untuk daya muat yang sama, lambung datar draft lebih rendah dari lambung berbentuk V sehingga dapat berlayar di shallow water.

## 2.2. Pengertian Tahanan Kapal

Tahanan (resistance) kapal pada suatu kecepatan adalah gaya fluida yang bekerja pada kapal sedemikian rupa hingga melawan gerakan kapal tersebut. Tahanan tersebut sama dengan komponen gaya fluida yang bekerja sejajar dengan sumbu gerakan kapal. Resistance merupakan istilah yang disukai dalam hidrodinamika kapal, sedangkan istilah drag umumnya dipakai dalam aerodinamika dan untuk benda benam.

Melihat bahwa kapal bergerak di bidang fluida cair yang nilai kerapatan massanya lebih besar dari udara sehingga semakin besar kecepatan dan dimensi suatu kapal maka semakin besar pula energi yang dibuang untuk menghasilkan energi berupa gelombang (wave), gelombang inilah yang kemudian bergesekan dengan lambung kapal dan arahnya melawan arah kapal sehingga menimbulkan gaya berlawanan.

Tahanan total pada kapal terdiri dari komponen–komponen bagian kapal yang mempunyai kemungkinan menimbulkan gaya hambat atau resistance. Pada prinsipnya ada dua bagian kapal yang mengalami gaya hambat, yaitu bagian kapal yang terbenam dan area bagian kapal diatas permukaan air karena udara juga mempunyai faktor hambat pada kondisi tertentu. Tahanan total digunakan untuk menentukan besar Effective Horse Power (EHP) yang didefinisikan sebagai daya yang diperlukan suatu kapal untuk bergerak dengan kecepatan sebesar kecepatan service dan mampu mengatasi gaya hambat atau tahanan sebesar tahanan total dan yang lebih penting untuk mengetahui seberapa besar daya dari mesin utama agar kapal yang akan dibuat tidak mengalami kelebihan daya yang besar atau justru tidak bisa memenuhi kecepatan karena daya yang diprediksikan tidak bisa mengatasi besar tahanan kapal.

Perhitungan tahanan kapal ini sangatlah penting sekali dan diharapkan seakurat mungkin dalam arti tidak kurang dan tidak lebih karena mempengaruhi aspek–aspek dari segi biaya investasi, efisiensi, biaya perawatan, biaya operasional, persaingan ekonomis dan lain–lain. Oleh karena itu berbagai macam cara digunakan oleh para arsitek kapal untuk memprediksi besar daya dari suatu kapal dengan hasil seakurat mungkin dengan menentukan besar tahanan total yang bekerja pada suatu kapal.

Disisi lain kita juga harus memperhatikan satuan tahanan kapal yaitu sama dengan satuan gaya, karena dihasilkan oleh air maka disebut gaya

hidrodinamika. Gaya hidrodinamika ini semata-mata disebabkan oleh gerakan relative kapal terhadap cairan:

Gaya-gaya yang bekerja tegak lurus terhadap permukaan badan kapal, (gaya tekanan).

Gaya-gaya yang bekerja menyinggung badan kapal (gaya geser).

Persamaan tahanan total :

$$R_t = C_t \left( \frac{1}{2} \times \rho \times [V_s]^2 \times S \right)$$

Dimana :

$C_t$  = koefisien tahanan total

$\rho$  = massa jenis air laut, yaitu 1.025 (ton/m<sup>3</sup>)

$V_s$  = kecepatan dinas (m/s)

$S$  = wetted surface area, (m<sup>2</sup>)

## 2.3. Jenis – Jenis Tahanan Kapal

Tahanan total pada kapal terdiri dari komponen-komponen bagian kapal yang mempunyai kemungkinan menimbulkan gaya hambat atau *resistance*. Pada prinsipnya ada dua bagian kapal yang mengalami gaya hambat, yaitu bagian kapal yang terbenam dan area bagian kapal diatas permukaan air karena udara juga mempunyai faktor hambat pada kondisi tertentu. Ada berbagai macam jenis tahanan pada kapal diantaranya sebagai berikut:

### 2.3.1. Tahanan Gesek

Tahanan Gesek terjadi akibat gesekan permukaan basah kapal dengan media yang dilaluinya, oleh karena semua fluida mempunyai nilai viskositas inilah menimbulkan gesekan tersebut. Atau komponen tahanan yang diperoleh dengan jalan mengintegralkan tegangan tangensial keseluruhan permukaan basah kapal menurut arah gerakan kapal.

### 2.3.2. Tahanan Sisa

Tahanan Sisa  $R_r$  (Residual Resistance) adalah kuantitas yang merupakan hasil pengurangan dari tahanan total badan kapal, suatu tahanan gesek yang merupakan hasil perhitungan yang diperoleh dengan memakai rumus khusus.

### **2.3.3. Tahanan Viskos**

Tahanan Viskos , RV (Viskos Resistance) adalah komponen tahanan yang terkait dengan energi yang dikeluarkan akibat pengaruh viskos/kekentalan.

### **2.3.4. Tahanan Tekanan**

Tahanan Tekanan RP (Pressure Resistance) adalah komponen tahanan yang diperoleh dengan jalan mengintegrasikan tegangan normal keseluruhan permukaan kapal menurut arah gerakan kapal.

### **2.3.5. Tahanan Tekanan Viskos**

Tahanan Tekanan *Viskos*, RPV (*Viskos Pressure Resistance*) adalah komponen tahanan yang diperoleh dengan jalan mengintegrasikan komponen tegangan normal akibat *viskositas* dan *turbulensi*. Kuantitas ini tidak dapat diukur langsung, kecuali untuk benda yang terbenam seluruhnya, dalam hal ini sama dengan tahanan tekanan.

### **2.3.6. Tahanan Gelombang**

Tahanan Gelombang, RW (Wavemaking Resistance) adalah komponen tahanan yang terkait dengan energi yang dikeluarkan untuk menimbulkan gelombang gravitasi. Dimana untuk tiap titik disepanjang lambung dimungkinkan memiliki perbedaan tekanan.

### **2.3.7. Tahanan Kekasaran**

Tahanan Kekasaran (*Roughness Resistance*) adalah tahanan akibat kekasaran permukaan badan kapal misalnya akibat korosi dan *fouling* (pengotoran) pada badan kapal.

### **2.3.8. Tahanan Udara**

Tahanan Udara (*Air Resistance*) adalah tahanan yang dialami bagian atas permukaan air serta bangunan atas (*superstructure*) karena gerakan kapal yang menyusuri udara. Pada kapal untuk bagian *deck/platform* berkenaan langsung dengan udara bebas, menimbulkan tahanan yang nilainya cukup berarti ketika melaju dengan kecepatan tinggi, sehingga luasan bangunan atas perlu juga menjadi pertimbangan saat perencanaan.

### 2.3.9. Tahanan Daun Kemudi

Tahanan Daun Kemudi (*Steering Resistance*) adalah tahanan akibat gerakan daun kemudi. Gerakan daun kemudi ditujukan untuk kelurusan lintasan maupun manuver kapal.

## 2.4. Sistem Propulsi Kapal

Sistem propulsi kapal yang paling sering digunakan adalah propeller / baling-baling yang menghasilkan daya dorong akibat adanya gaya angkat yang bekerja pada daun propeller pada saat berputar. Tenaga yang dihasilkan oleh mesin induk ditransmisi sampai menghasilkan daya dorong pada baling-baling mengalami beberapa proses. Sehubungan dengan hal tersebut beberapa definisi yang erat kaitannya dengan efisiensi propulsi.

- BHP (Brake Horse Power)

BHP (Brake Horse Power) adalah daya yang dihasilkan oleh penggerak utama kapal. Penggerak utama kapal adalah bagian dari sistem penggerak yang mengkonversikan energi kalor menjadi energi mekanis (putaran). Untuk kebanyakan kapal, penggerak utama kapal adalah berupa turbin uap, turbin gas, atau juga motor diesel.

$$BHP = SHP/\eta G$$

Dimana :

SHP : Shaft Horse Power (HP)

$\eta G$ : Efisiensi roda sistem gigi transmisi (%)

- SHP (Shaft Horse Power)

SHP (Shaft Horse Power) adalah daya keluaran dari reduction gear (jika terdapat reduction gear). Reduction gear diperlukan untuk menurunkan putaran yang tinggi tiap menitnya (rpm) dari penggerak utama hingga



mencapai putaran yang sesuai dengan putaran propeller pada operasi yang optimal.

$$SHP = DHP / (\eta_s \eta_b)$$

Dimana :

DHP : Delivery Horse Power(HP)

$\eta_s \eta_b$  : shaft transmission efficiency. Pengurangan 2% ~ 3% untuk kamar mesin di kapal bagian belakang

$\eta_s \eta_b$  : 0,98 (untuk kamar mesin di bagian belakang = 100% - 2%)

- DHP (Delivery Horse Power)

DHP (Delivery Horse Power) adalah daya yang diedarkan oleh poros ke propeller. Jumlah dari daya yang diedarkan ke propeller akan lebih kecil dari shaft horse power dikarenakan adanya kehilangan daya saat transmisi di poros. Kehilangan yang terjadi relative kecil 2-3 %.

$$DHP = EHP / PC$$

Dimana :

EHP : Effective Horse Power(HP)

PC: Coefisien Propulsif (%)

- THP (Thrust Horse Power)

THP (Thrust Horse Power) adalah daya yang dihasilkan dikarenakan daya dorong propeller. THP lebih kecil daripada DHP karena adanya kehilangan daya yang terjadi saat mengubah gaya rotasi propeller ke dalam gaya dorong menggerakkan kapal.

$$THP = EHP \times \eta_H$$

Dimana :

EHP : Effective Horse Power(HP)

$\eta_H$ : hull efficiency (%)

- EHP (Effective Horse Power)

EHP (Effective Horse Power ) adalah besarnya tenaga yang digunakan untuk menggerakkan kapal.

$$EHP = RT_{dinas}/V_s$$

Dimana :

$V_s$  : Kecepatan kapal (m/s)

$RT$  : Tahanan total kapal (kN)

- Tahanan Model Kapal

Tahanan model kapal adalah merupakan fungsi dari ukuran pokok, kecepatan kapal dan bentuk dari badan kapal itu sendiri. Untuk menentukan tahanan model, menggunakan Software Maxsurf – Hullspeed. Maxsurf adalah suatu program system modeling permukaan dimensional (surface) yang mendesain bentuk lambung kapal (hull). Maxsurf mempertimbangkan percobaan sistematis dan optimasi cepat tentang segala desain baru. Dengan software ini juga dapat mendesain berbagai macam bentuk lambung kapal dengan membaginya kedalam beberapa bagian surface berdasarkan ketebalan dari kulit lambung kapal tersebut atau langsung membentuk satu bagian utuh lambung kapal dengan satu surface. Maxsurf memiliki keuntungan lebih yaitu mengetahui luasan tiap – tiap bagian lambung, misalnya luasan pada bagian bottom, luasan pada bagian sisi lambung, luasan pada bagian rail, luasan pada bagian transom dan deck. Output dari mendesain dengan menggunakan software maxsurf ini adalah gambar rencana garis, baik itu dalam bentuk dua dimensi atau tiga dimensi, luas permukaan tiap – tiap bagian lambung dan total keseluruhan lambung, displacement serta kurva CSA.

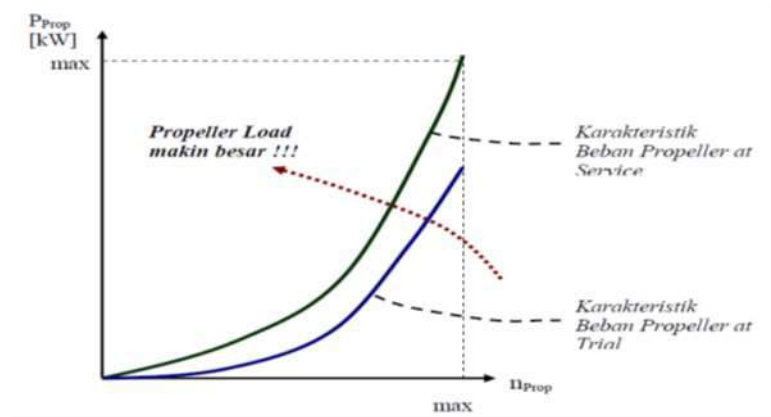
Hullspeed merupakan bagian dari software maxsurf yang bertujuan untuk memprediksi tahanan dari bentuk lambung kapal apabila efisiensi dari lambung (hull) diketahui atau diestimasi maka power yang dibutuhkan dari suatu desain akan dapat diprediski juga, dengan software ini dapat menggunakan beberapa pilihan metode, diantaranya :

- Savitsky (pre-planning) : perhitungan ini digunakan untuk estimasi tahanan dari perencanaan lambung sebelum kapal dibangun atau dapat dikatakan sebagai pre-planning resistance.
- Savitsky (planning) : perhitungan ini digunakan untuk estimasi tahanan dari perencanaan badan kapal ketika kecepatan kapal sudah disesuaikan.
- Lahtiharju : digunakan untuk estimasi tahanan dari perencanaan lambung kapal ketika kecepatan yang telah direncanakan telah disesuaikan.

- Holtrop : perhitungan ini didesain untuk memprediksi tahanan dari kapal tanker, general cargo, kapal ikan, kapal ro-ro, tug boat, kapal container dan kapal – kapal cepat.
- Series 60 : digunakan untuk estimasi tahanan dari kapal cargo berbaling – baling tunggal.
- Van Oortsmerssen : digunakan untuk estimasi tahanan kapal kecil seperti trawl dan tug boat.
- Delfi series : prediksi tahanan kapal ikan.

## 2.5. Engine Propeller Matching

Pada umumnya kapal digerakkan dengan sebuah *propeller* kadangkala dengan 2 buah atau lebih. Untuk memahami mesin *marine propulsion* kita juga harus memahami *propellernya*, begitu pula sebaliknya. Kedua hal ini berkaitan satu dengan yang lainnya. Kedua hal tersebut ditentukan dengan interaksi antara karakteristik *propeller* dengan karakteristik *engine*. *Engine* dan *propeller* harus dicocokkan dengan benar pada proses desain sehingga *performance* yang optimal akan tercapai dari kombinasi keduanya.



Gambar 2.3 Karakteristik Beban Propeller

(Sumber : Engine Propeller Matching, S.W. Adji, hal IV,13)

Matching point merupakan suatu titik operasi dari putaran motor penggerak kapal (engine speed) yang sedemikian hingga tepat (match) dengan karakter beban baling-baling, yaitu titik operasi putaran motor

dimana power yang di-absorb oleh propeller sama dengan power produced oleh engine dan menghasilkan kecepatan kapal yang mendekati (sama persis) dengan kecepatan servis kapal yang direncanakan. (Engine Propeller Matching, S.W. Adji, hal IV,17)

## **2.6. Computational Fluid Dynamic (CFD)**

CFD (Computational Fluid Dynamics) merupakan salah satu cabang dari mekanika fluida yang menggunakan metode numerik dan algoritma untuk menyelesaikan dan menganalisa permasalahan yang berhubungan dengan aliran fluida. Tujuan dari CFD adalah untuk memprediksi secara akurat tentang aliran fluida, perpindahan panas, dan reaksi kimia dalam sistem yang kompleks, yang melibatkan satu atau semua fenomena di atas Computational Fluid Dynamics terdiri dari tiga elemen utama yaitu :

- **Preprocessor**

Preprocessor merupakan tahap dimana data diinput mulai dari pendefinisian domain serta pendefinisian kondisi batas atau boundary condition. Ditahap itu juga sebuah benda atau ruangan yang akan dianalisa dibagi bagi dengan jumlah grid tertentu atau sering disebut juga meshing.

- **Processor**

Pada tahap ini dilakukan proses perhitungan data data input dengan persamaan yang terlibat secara iteratif, artinya perhitungan dilakukan hingga hasil menuju error terkecil atau hingga mencapai nilai yang konvergen. Perhitungan dilakukan secara menyeluruh terhadap volume kontrol dengan proses integrasi persamaan diskrit.

- **Postprocessor**

Post processing merupakan tahap visualisasi dari tahapan sebelumnya. Pada tahap ini, hasil perhitungan diinterpretasikan ke dalam gambar, grafik bahkan animasi dengan pola warna tertentu. Dalam simulasi, model model yang digunakan didiskretisasi dengan metode formulasi dan diselesaikan dengan menggunakan bermacam macam algoritma numerik. Metode diskretisasi dan

algoritma terbaik yang digunakan tergantung dari tipe masalah dan tingkat kedetailan yang dibutuhkan.

## **2.7. Analisa Ekonomis Menggunakan *Life Cycle Costing* (LCC)**

Analisa ekonomis diperlukan untuk mendapatkan gambaran mengenai perbandingan antara penggunaan 2 *engine* dan 1 *engine* pada kapal RO-RO Barge ditinjau dari aspek ekonomis. Perbandingan yang dimaksudkan meliputi perbandingan total biaya investasi, biaya bahan bakar, dan biaya pemeliharaan antara penggunaan kedua sistem propulsi tersebut.

Perhitungan ekonomis anggaran biaya dilakukan untuk mendapatkan harga estimasi yang digunakan dalam pemilihan mesin pada kapal Ro-ro Barge 15 meter. Investasi pada hakikatnya merupakan penempatan sejumlah dana pada saat ini dengan harapan untuk memperoleh keuntungan dimasa mendatang.

Menurut Kwasiieckyj (2013), dalam perencanaan sistem propulsi, biaya investasi perlu diperhitungkan. Biaya investasi adalah biaya yang dikeluarkan mulai dari awal pembangunan, yakni dalam hal ini instalasi komponen-komponen masing-masing sistem propulsi, sampai dengan tahap commissioning.

Biaya investasi komponen permesinan dan kelistrikan umumnya bergantung pada beberapa faktor: berat, ukuran, dan daya. Biaya investasi gearbox bergantung pada beratnya (Kwasiieckyj, 2013). Umumnya biaya investasi marine gearbox berkisar 115 €/kg ([www.ebay.com](http://www.ebay.com)).

Pada mesin diesel, selain oleh faktor daya, biaya investasi juga bervariasi pada tipe konfigurasi susunan silinder dan ukuran bore-nya. Biaya investasi mesin diesel inline lebih tinggi daripada mesin diesel V-line. Selain itu, terlihat juga bahwa biaya investasi mesin diesel V-line mengalami penurunan seiring dengan peningkatan ukuran bore-nya. Dalam Tabel 2.5.1, perbedaan biaya investasi antara mesin diesel V-line dengan bore besar terhadap mesin diesel V-line.

Component	Costs [€/kW]	Remarks
Diesel engine 4-stroke	360	Line type
Diesel engine 4-stroke	340	V-type < 32 bore
Diesel engine 4-stroke	280	V-type ≥ 32 bore
Diesel generator set	400	< 32 bore
Diesel generator set	360	≥ 32 bore
Electric machine	50	Induction
Frequency converter	120	Both PWM and LCI
Frequency converter	135	With active front end
CPP + shaftline	100	

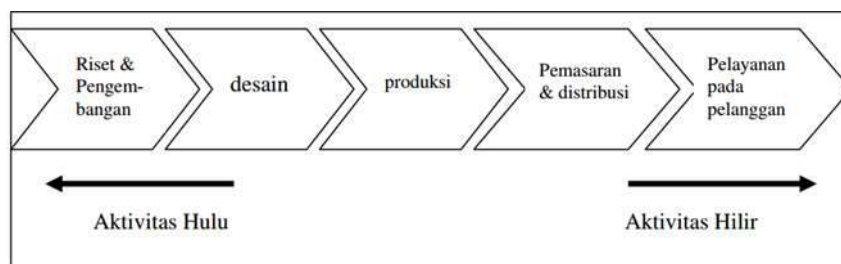
Gambar 2.4 Daftar biaya investasi komponen-komponen sistem propulsi kapal  
(Kwasieckyj, 2013)

Life Cycle Costing adalah proses menentukan ataupun penghitungan semua biaya yang berkaitan dengan suatu asset atau bagian asset, termasuk biaya perencanaan, biaya operasi, perolehan, pemasangan, pengoperasian pemeliharaan, perbaruan, dan biaya penghapusan yang mendukung dalam pengambilan keputusan serta dapat diaplikasikan baik pada perusahaan manufaktur ataupun perusahaan jasa. Definisi life cycle costing (Mulyadi, 2001) adalah biaya yang bersangkutan dengan produk selama daur hidupnya, yang meliputi biaya pengembangan (perencanaan, desain, pengujian), biaya produksi, (aktivitas pengubahan sumber daya menjadi produk jadi), dan biaya dukungan logistik (iklan, distribusi, maintenance, dan sebagainya). Sebesar lebih dari 80% biaya yang bersangkutan dengan produk telah ditentukan selama tahap pengembangan dalam daur hidup produk. Product life cycle costing adalah sistem akuntansi biaya yang menyediakan informasi biaya produk bagi manajemen untuk memungkinkan manajemen memantau biaya produk selama daur hidup produknya. Perkembangan dalam tiap daur hidup produk mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap biaya yang terjadi. Alasan penting penggunaan metode LCC adalah karena hubungan yang kuat antara biaya operasi, pemeliharaan dan fungsi atau life time dari item. Oleh karena itu, penerapan LCC memerlukan pengetahuan teknik yang memadai.

Dengan pembebanan biaya yang tepat, perusahaan dapat mengantisipasi dan mengidentifikasi besarnya biaya yang muncul dalam tiap tahap life cycle, selain itu juga dengan life cycle costing perusahaan akan mendapatkan informasi yang bisa digunakan oleh manajer dalam melakukan pengambilan keputusan untuk jangka panjang. Pada

umumnya membuat produk dan sistem diagram selama pembuatan perencanaan awal yang merupakan bagian dari sistem perancangan konseptual menjadi bagian penting utama dalam proyek life cycle costing. Hal ini sesuai dengan syarat sistem operasional, kinerja dan faktor efektifitas, konsep perawatan, konfigurasi sistem perencanaan, jumlah barang yang diproduksi, faktor pemanfaatan, dukungan logistik, dan lain sebagainya. Terdapat beberapa petunjuk dalam mengambil keputusan berikutnya, aktivitas produksi, fungsi pendistribusian produk, dan beberapa aspek pendukung sistem. Kemudian, jika pada akhirnya life cycle costing bisa dikendalikan, penekanan biaya yang tinggi perlu ditampilkan dalam tahap awal sistem atau pengembangan produk dalam cara yang tersusun.

LCC terdiri dari Life Cycle Biaya pengembangan model dan model Biaya Siklus Hidup aplikasi untuk setiap opsi. Kegiatan utama dari Siklus Hidup Biaya pengembangan model adalah Perincian Biaya Struktur (CBS) pembangunan dan pemilihan komponen biaya metode estimasi. Output LCC adalah perkiraan Biaya Life Cycle, termasuk distribusi pada skala waktu, biaya driver, kepekaan estimasi parameter tertentu dan risiko akibat ketidakpastian parameter desain.



Gambar 2.5 *The cost life cycle product*

Isu manajemen biaya strategik muncul dalam setiap aktivitas cost life cycle. Metode untuk melakukan analisis cost life cycle adalah penentuan target biaya (target costing), teori kendala (theory of constraint) dan life cycle costing. Penentuan biaya target digunakan untuk mengelola biaya, terutama dalam aktivitas desain. Teori kendala digunakan untuk mengelola biaya produksi. Life-cycle costing digunakan pada seluruh cost life cycle untuk meminimumkan biaya secara keseluruhan. Manajemen biaya selama Life Cycle Costing, dalam dunia industri saat ini semakin banyak para pelaku

industri yang menggunakan “target costing” untuk dapat bersaing secara sukses dalam hal cost leadership atau diferensiasi.

## **2.8. Biaya Produksi dan Klarifikasi**

Dalam suatu biaya sebenarnya terdapat 2 istilah atau terminologi biaya yang perlu mendapatkan perhatian, yaitu (Yamit, 2003):

1. Biaya (cost) yaitu semua pengorbanan yang dibutuhkan dalam rangka mencapai suatu tujuan yang diukur dengan nilai uang.
2. Pengeluaran (expense) yaitu sejumlah uang yang dikeluarkan atau dibayarkan untuk mendapatkan hasil yang diharapkan.

Sedangkan pada Tugas Akhir ini digunakan klarifikasi biaya berdasarkan pemilihan engine yang dipilih. Biaya berdasarkan kelompok sifat penggunaannya meliputi (Yamit, 2003):

1. Biaya investasi (investment cost), yaitu biaya yang ditanamkan dalam rangka mempersiapkan kebutuhan usaha untuk siap beroperasi dengan baik. Biaya ini dikeluarkan pada awal kegiatan usaha dengan jumlah relatif besar dan berdampak jangka panjang. Biaya investasi sering disebut juga sebagai modal usaha.
2. Biaya operasional (operational cost), yaitu biaya yang dikeluarkan saat menjalankan aktivitas usaha. Biaya operasional bersifat periodik dan dikeluarkan secara rutin selama usaha itu berjalan. Komponen yang paling dominan dalam biaya operasional kapal secara umum adalah biaya bahan bakar (Wijayanto, 2011). Oleh karena itu, dalam penelitian ini perbandingan konsumsi bahan bakar antara penerapan sistem propulsi 2 engine dan 1 engine.
3. Biaya perawatan (maintenance cost), yaitu biaya yang dikeluarkan untuk merawat, menjaga, menjamin performa kerja suatu fasilitas dan peralatan agar selalu dalam kondisi baik dan siap digunakan.

Berdasarkan (PERTAMINA, 2007) biaya pembangunan dikelompokkan menjadi dua jenis biaya yaitu biaya langsung (direct cost) dan biaya tidak langsung (indirect cost). Biaya langsung merupakan jenis biaya yang secara dikeluarkan langsung dalam bentuk fisik untuk pembangunan kapal antara lain adalah biaya untuk pembelian material pelat dan profil, sistem permesinan dan perpipaan, biaya pekerja, biaya launching dan testing, serta biaya inspeksi dan sertifikasi. Sedangkan untuk biaya tidak langsung adalah biaya yang melibatkan proses atau jasa untuk kapal secara tidak langsung seperti biaya



desain, biaya asuransi, biaya pengiriman barang, biaya persewaan, tender, dan lain sebagainya.

Menurut Suad Husnan dan Swarsono (1994:4), yang dimaksud studi kelayakan proyek adalah “penelitian tentang dapat tidaknya suatu proyek (biasa merupakan proyek investasi) dilaksanakan dengan berhasil. Pengertian keberhasilan ini ada yang menafsirkan dalam artian lebih terbatas, ada juga yang mengartikan dalam artian lebih luas. Artian yang lebih terbatas terutama digunakan oleh pihak swasta yang lebih berminat tentang mamfaat ekonomis suatu investasi. Sedangkan dari pihak pemerintah atau lembaga nonprofit, pengertian menguntungkan bisa dalam artian lebih relatif”.

Proyek yang diteliti biasanya berbentuk proyek raksasa seperti pembangunan proyek tenaga nuklir, sampai dengan proyek sederhana seperti membuka usaha jasa foto copy. Tentu saja semakin besar proyok yang di jalankan, semakin luas dampak yang terjadi. Dampak ini bisa besar seperti dampak ekonomis dan bisa juga bersifat sosial. Karena itu ada yang melengkapi studi kelayakan ini dengan analisa yang di sebut mamfaat dan pengorbanan (cost and benefit analysis) termasuk di dalamnya semua mamfaat dan pengorbanan sosial (social cost and social benefit). Dengan demikian, pada umunya studi kelayakan proyek menurut Suad Husnan dan Swarsono (1994:4-5) akan menyangkut tiga aspek yaitu:

1. Manfaat ekonomis proyek tersebut bagi proyek itu sendiri (sering disebut sebagai mamfaat pinansial)
2. Manfaat ekonomis proyek tersebut sebagaai tempat proyek dilaksanakan (mamfaat ekonomis nasional)
3. Manfaat sosial proyek bagi masyarakat sekitarnya.

Menurut Suad Hasan dan Suwarsono (1994:7) dalam studi kelayakan perlu diketahui karakteristik proyek (ruang lingkup kegiatan, cara kegiatan, evaluasi aspek-aspek yang menentukan berhasilnya sarana yang diperlukan, hasil kegiatan dan biaya-biaya yang harus ditanggung untuk memperoleh hasil tersebut.

### Pengertian Investasi

Pengertian investasi dapat dikutip dari beberapa ahli diantaranya Antony dan James S. Reece (1985:613) adalah sebagai berikut “ The proposal is to invest fund, that is capital. At the present time in the expetation of earning return on this money over some future period”.

Jadi menurut pengertian tersebut diatas investasi adalah modal yang ditanam sekarang atau saat ini yang diharapkan akan diterima kembali setelah beberapa tahun kemudian. Dapat pula dikatakan bahwa investasi itu meliputi semua dana (modal) yang tertanam dalam suatu perusahaan atau proyek baik berupa harta lancar atau harta tetap dalam jangka waktu lebih dari satu tahun.

Present value (nilai sekarang): merupakan besarnya jumlah uang pada permulaan periode atas dasar tingkat tertentu dari sejumlah uang yang baru akan diterima beberapa waktu/periode yang akan datang. Present value atau nilai sekarang bisa di cari dengan menggunakan rumus future value atau dengan rumus berikut ini :

$$P = F_n / ( 1 + r )^n$$

Keterangan :

$F_n$  = ( Future value ( nilai pada akhir tahun ke n )

$P$  = ( Nilai sekarang ( nilai pada tahun ke 0 )

$r$  = Suku bunga

$n$  = Jumlah Waktu ( tahun )

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

Penelitian ini memerlukan proses yang terstruktur sehingga diperlukan langkah-langkah yang sistematis dalam pelaksanaannya. Tahapan penelitian ini sebagai berikut.

#### **3.1. Identifikasi Masalah**

Tahap awal dalam penyusunan skripsi adalah mengidentifikasi masalah yang relevan dengan penulisan skripsi. Pada proses ini dilakukan identifikasi dan perumusan masalah tentang bagaimana perencanaan sistem propulsi yang optimal untuk kapal Ro-Ro Barge dan perhitungan ekonomi dengan metode *Life Cycle Costing* (LCC).

#### **3.2. Studi Literatur**

Pada tahap selanjutnya adalah studi literatur. Pada tahap ini dilakukan untuk mendapatkan rangkuman dari dasar-dasar teori yang telah ada, sebagai acuan serta berbagai informasi yang dapat menjadi pendukung pada pengerjaan tugas akhir ini. Bahasan yang akan dibahas pada studi literatur ini meliputi pembahasan tentang :

1. Kapal *Ro-ro Barge*
2. Materi tahanan kapal (Holtrop)
3. Engine Propeller Matching
4. Software maxsurf,
5. Solid Work,
6. Fine Marine Numeca
7. Ekonomi analisa dengan metode *Life Cycle Costing* (LCC)

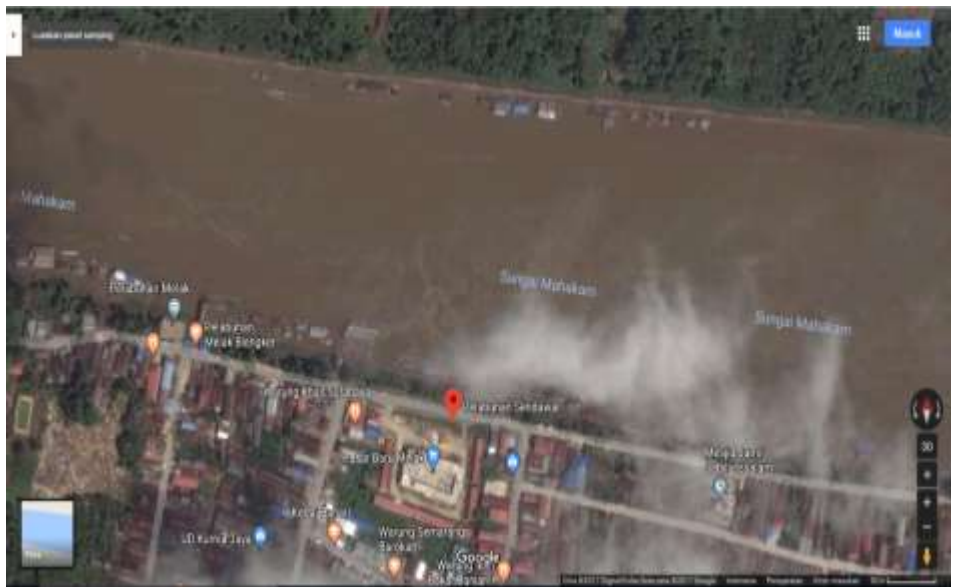
Pembahasan tersebut untuk menunjang landasan dasar dari skripsi ini. Dimulai dari pembahasan umum sampai dengan pembahasan secara khusus sesuai dengan tema yang diangkat, yaitu tentang perencanaan sistem propulsi yang optimal untuk operasional kapal RORO Barge. Sehingga diharapkan dapat menjadi perencanaan yang sesuai dari segi keteknikan dan ekonomi.

### 3.3. Pengumpulan Dan Analisa Data

Pada tahapan ini dilakukan pengumpulan data yang diperlukan untuk dianalisa sehingga dapat mempermudah dalam perencanaan sistem propulsi yang optimal untuk operasional kapal RORO Barge. Berikut adalah data-data yang diperlukan dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

#### 3.3.1. Data Lokasi

Data lokasi dalam perancangan ini didapatkan dari data project pembangunan kapal *Ro-Ro Barge* oleh PT. XYZ di daerah Kabupaten Kutai Barat Kota Sendawar - Kalimantan Timur.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Perencanaan

Sumber : Google Maps

#### 3.3.2. Data Arus

Arus terjadi oleh beberapa sebab meliputi adanya perbedaan muka dasar tanah dibawah air, perbedaan level permukaan air, perbedaan kerapatan/densitas air, dan perbedaan suhu air menghasilkan jenis arus pasang surut (*tidal currents*), arus pantai (*coastal currents*), arus permukaan lautan (*surface ocean currents*), dan arus putaran global (*global conveyor belt*). Kegunaan data arus dalam perencanaan sistem propulsi untuk :

- Mengetahui frekuensi arah dan kecepatan arus terhadap pola aliran pasang surut air.

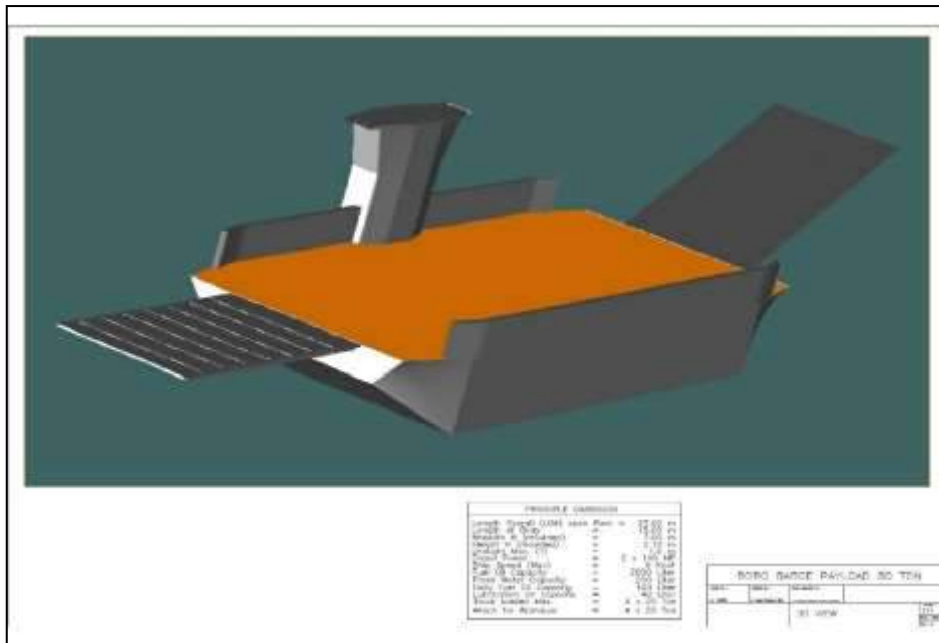
Data arus pada tugas akhir ini didapatkan dari data project pembangunan kapal *Ro-Ro Barge* oleh PT. XYZ di Kabupaten Kutai Barat – Kalimantan Timur dan PT.PELINDO Pelabuhan Samarinda yang sudah diolah dimana hasilnya adalah Kecepatan Arus maksimum pada waktu pasang naik adalah 110 centimeter per detik ( 1 Knots ), sedangkan kecepatan maksimum air turun ( surut ) yaitu 121<sup>1</sup>,11 centimeter per detik ( 1.2 Knots) dengan arah dari hulu ke hilir bergantian. Dalam penyelesaian perencanaan ini data arus diabaikan karena kondisi perairan termasuk perairan tenang.

### 3.3.3. Data Kapal

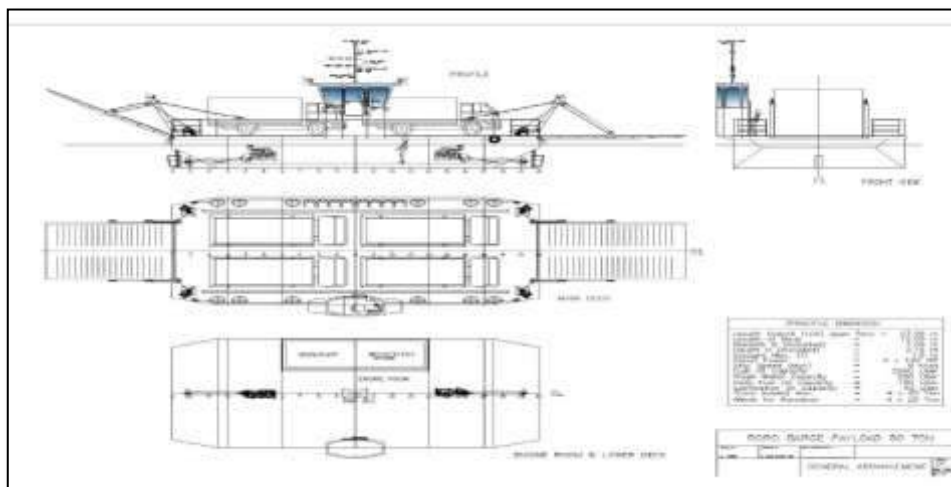
Dalam penulisan tugas akhir ini data kapal diperoleh dari project pembangunan kapal *Ro-Ro Barge* oleh PT. XYZ di Kabupaten Kutai Barat – Kalimantan Timur. Pengumpulan data-data kapal untuk perencanaan sistem propulsi yang optimal untuk operasional kapal yang akan direncanakan. Berikut adalah data kapal *Ro-Ro Barge* 15 meter dengan *Payload* 80 ton :

Tabel 3.1 Data Utama Kapal Ro-Ro Barge 15 Meter

<b>Length Overall (LOA) open Ramp Door</b>	27.00	m
<b>Length of Body</b>	15.00	m
<b>Breadth B (moulded)</b>	7.00	m
<b>Height H (moulded)</b>	2.10	m
<b>Draught Max. (T)</b>	1.5	m
<b>Diesel Power</b>	2 x 190	HP
<b>Ship Speed (Max)</b>	9	Knot
<b>Fuel oil Capacity</b>	2000	Liter
<b>Fresh Water Capacity</b>	200	Liter
<b>Daily Fuel Oil Capacity</b>	100	Liter
<b>Lubrication Oil Capacity</b>	40	Liter
<b>Truck Loaded Max</b>	4 x 20	Ton
<b>Winch for ramp door</b>	4 x 20	Ton



Gambar 3.2 3D View Kapal Ro-ro Barge 15 Meter  
Sumber : PT.XYZ







### **3.4. Prediksi Tahanan Total dan Kebutuhan Daya Propulsi**

Prediksi tahanan total kapal *RO-RO Barge* dilakukan dengan menggunakan metode Holtrop pada berbagai kecepatan kapal ( $V_s$ ).

### **3.5. Pemilihan Mesin Induk**

Dari hasil perhitungan kebutuhan daya propulsi, ditentukan besar brake power dari mesin induk, setelah itu dilakukan pemilihan mesin induk (engine) sesuai dengan katalog mesin yang beredar dipasaran.

### **3.6. Perhitungan Pemilihan Propeller**

Dari spesifikasi mesin induk yang telah diperoleh, dilakukan pemilihan propeller Wageningen B series yang paling efisien dan memenuhi batas diameter yang diizinkan untuk dipasang pada sistem propulsi pada kapal *RO-RO Barge*.

### **3.7. Analisa Engine Propeller Matching (EPM)**

Analisa EPM mencakup beberapa analisa dan perhitungan sebagai berikut.

1. Untuk sistem propulsi 2 engine, analisa EPM berupa analisa diesel engine – propeller matching (DEPM). Analisa DEPM berisi perhitungan pembebanan mesin induk pada berbagai rasio P/D pada  $V_s = 2$  knot sampai  $V_s = 9$  knot.
2. Untuk sistem propulsi 1 engine, , analisa EPM berupa analisa diesel engine – propeller matching (DEPM). Analisa DEPM berisi perhitungan pembebanan mesin induk pada berbagai rasio P/D pada  $V_s = 2$  knot sampai  $V_s = 9$  knot.

### **3.8. Analisa Aspek Ekonomi Penerapan Sistem Propulsi 2 Engine dan 1 engine**

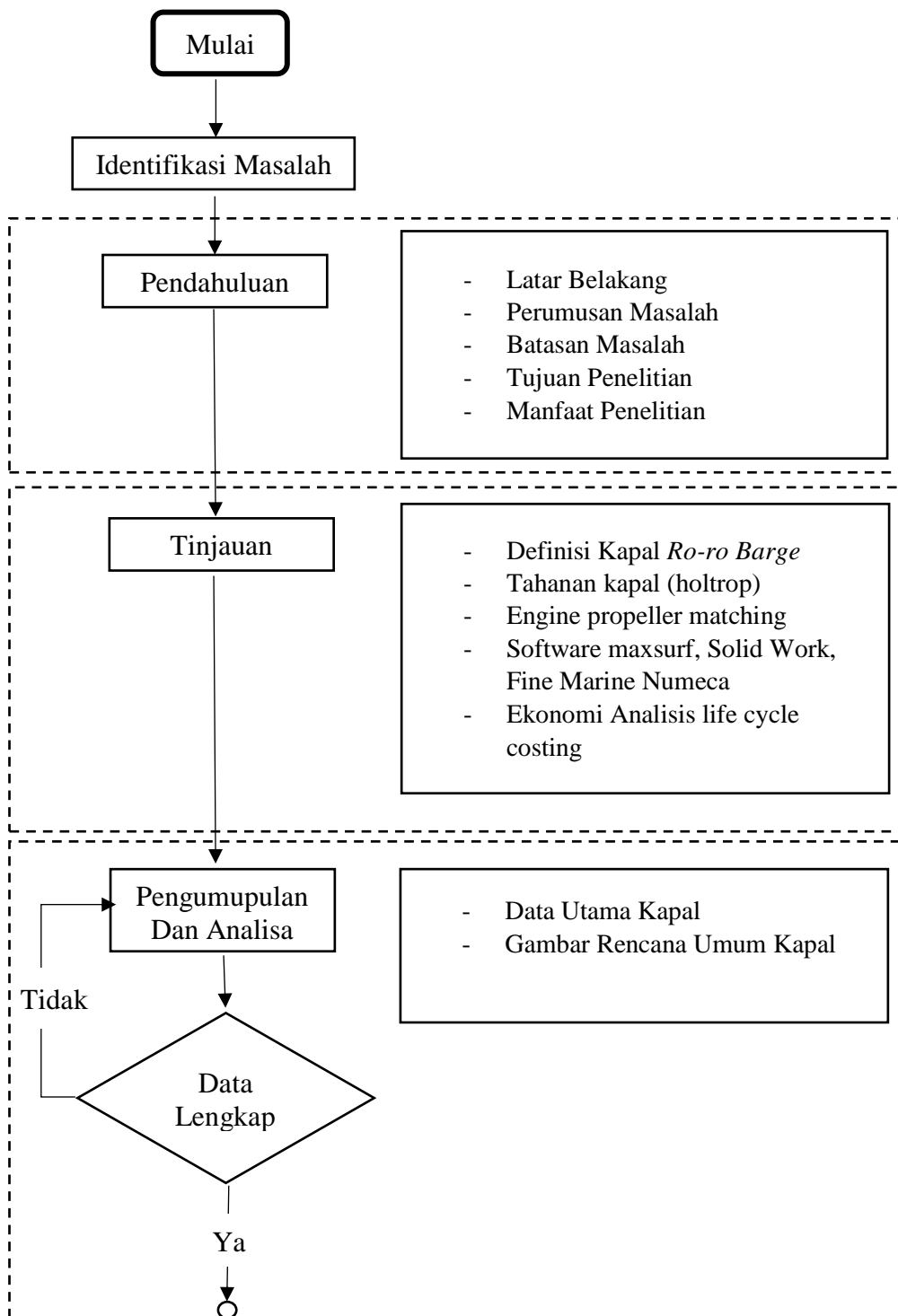
Analisa ini berisi perhitungan dan perbandingan biaya investasi, biaya bahan bakar, dan biaya-biaya pemeliharaan antara sistem propulsi dengan 2 engine dan 1 engine. Tujuan dari analisa ini adalah untuk mengetahui

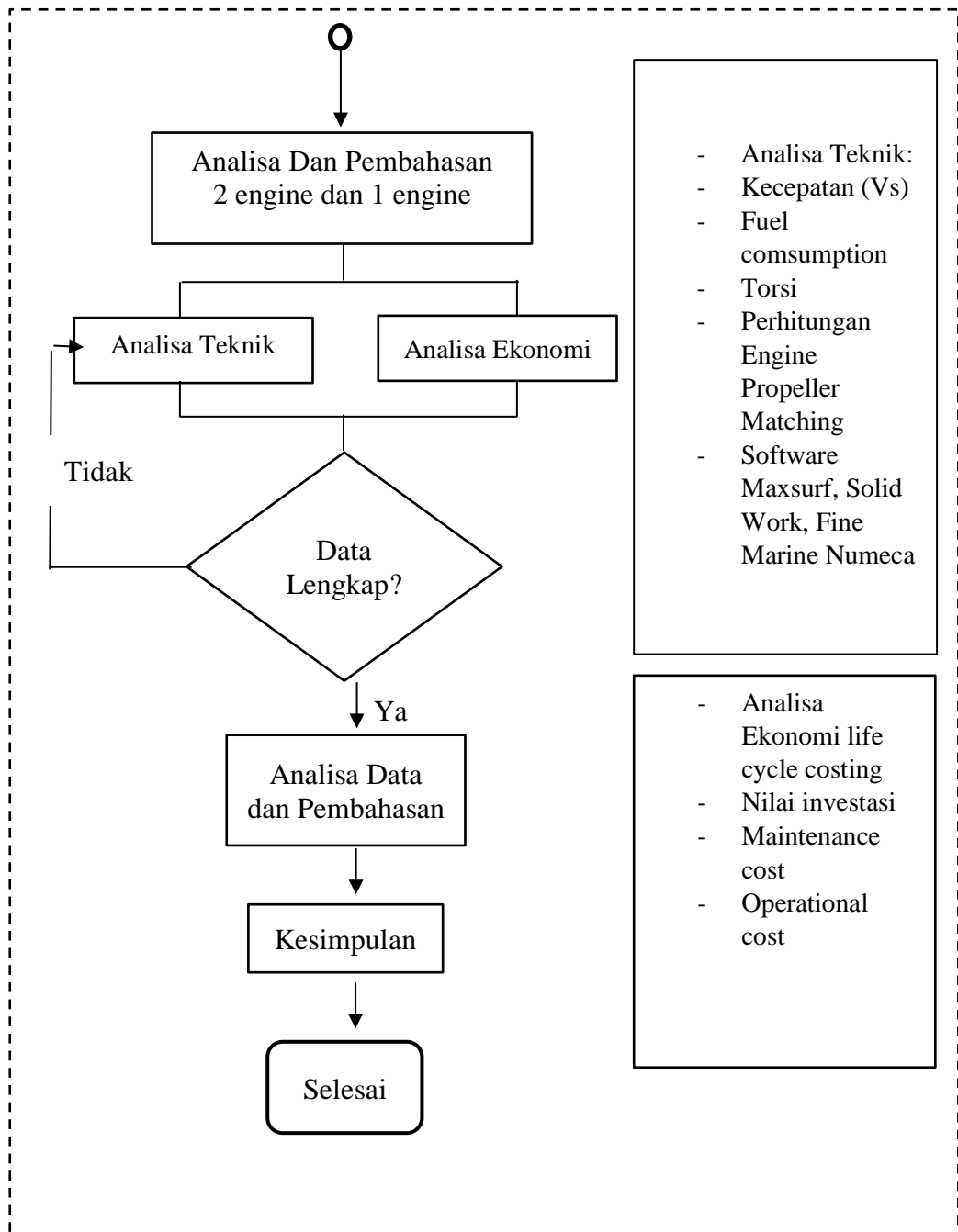
seberapa besar penghematan biaya bahan bakar yang dihasilkan dari penerapan dua sistem propulsi sampai 30 tahun operasi kapal.

### **3.9. Kesimpulan**

Merupakan tahap akhir dimana dilakukan penarikan kesimpulan mengenai permasalahan yang diambil dan tujuan yang telah ditetapkan, serta memberikan saran-saran atau rekomendasi yang dapat menunjang untuk dilakukan penelitian di waktu yang akan datang.

### 3.10. Diagram Alir Penulisan Tugas Akhir

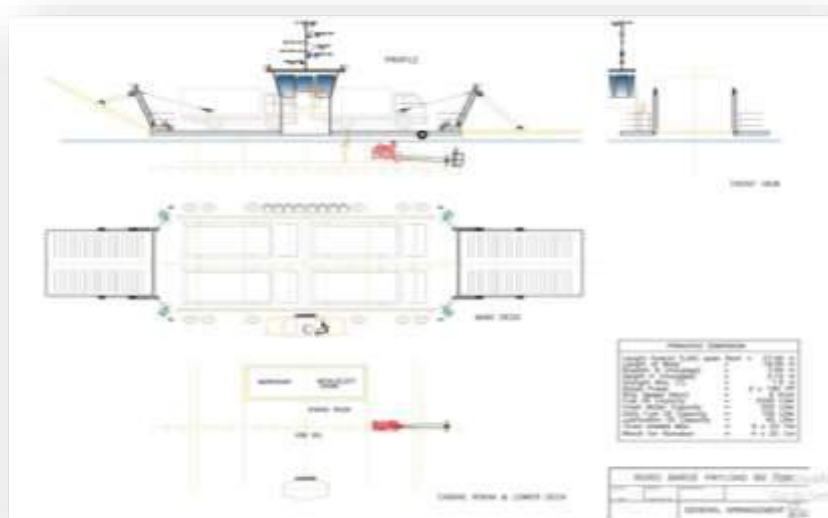
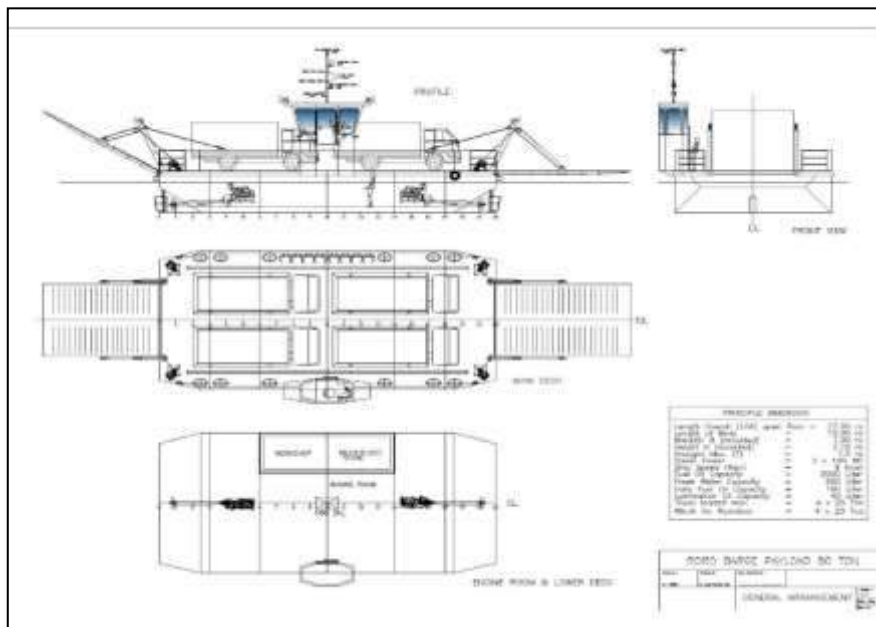


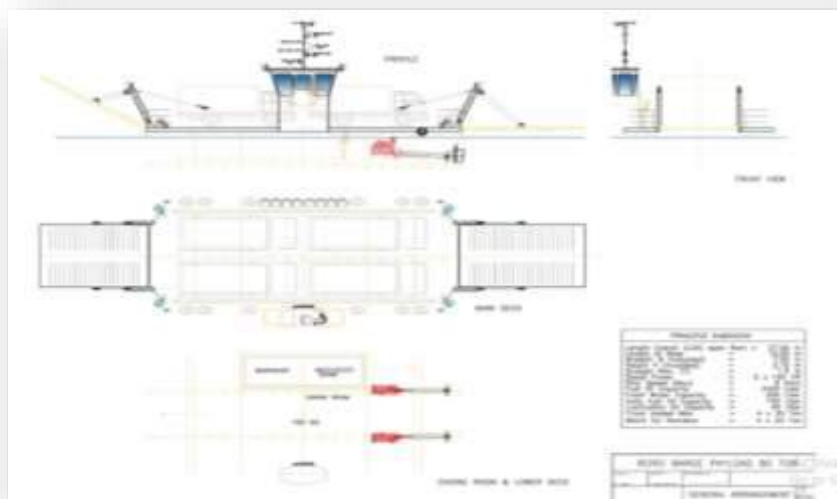


*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Data Utama Kapal





Gambar 4.1 Rencana umum Kapal RO-RO Barge

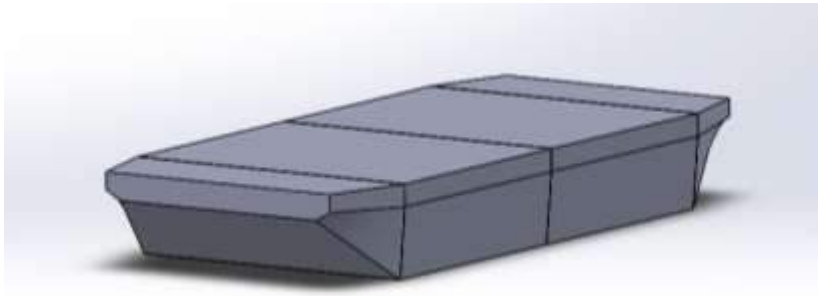
#### 4.1.1. Data Ukuran Utama Kapal

<b>Length Overall (LOA) open Ramp Door</b>	27.00	m
<b>Length of Body</b>	15.00	m
<b>Breadth B (moulded)</b>	7.00	m
<b>Height H (moulded)</b>	2.10	m
<b>Draught Max. (T)</b>	1.5	m
<b>Diesel Power</b>	2 x 190	HP
<b>Ship Speed (Max)</b>	9	Knot
<b>Fuel oil Capacity</b>	2000	Liter
<b>Fresh Water Capacity</b>	200	Liter
<b>Daily Fuel Oil Capacity</b>	100	Liter
<b>Lubrication Oil Capacity</b>	40	Liter
<b>Truck Loaded Max</b>	4 x 20	Ton
<b>Winch for ramp door</b>	4 x 20	Ton

Table 4.1 *Principal dimensions of RO-RO Barge ship*

## 4.2 Pembuatan Model Lambung Kapal

Pembuatan model lambung menggunakan data Rencana Garis dari kapal yang ada. Pembuatan ulang model kapal juga diperlukan penulis untuk perhitungan hambatan badan kapal dengan bantuan *software*. Pembuatan ulang model lambung kapal, penulis menggunakan perangkat *software CAD* yaitu salah satu program aplikasi pemodelan *hull* kapal setelah itu dibuat pemodelan dengan menggunakan *software SolidWorks*.



Gambar 4.2 . Pemodelan *Hull* Kapal *Ro-Ro Barge*

## 4.3 Prediksi Tahanan Total dan Kebutuhan Daya untuk Propulsi Kapal

Singkatan kata dan pengertian:

- |             |                            |
|-------------|----------------------------|
| 1. $C_{bw}$ | = Koefisien Blok waterline |
| 2. $A_m$    | = Luasan Midship           |
| 3. $C_m$    | = Koefisien Midship        |
| 4. $\nabla$ | = Volume Displacement      |
| 5. $\Delta$ | = Berat Displacement       |
| 6. $S$      | = Luas Pemukaan Basah      |
| 7. $R_n$    | = Reynold Number           |
| 8. $F_n$    | = Froude Number            |
| 9. $R_t$    | = Tahanan Total            |
| 10. EHP     | = Effective Horse Power    |
| 11. $W$     | = Wake Friction            |



12. $t$	= Thrust Deduction Factor
13. $\eta_{rr}$	= Efisiensi Relatif Rotatif
14. $\eta_p$	= Efisiensi Propulsi
15. $\eta_H$	= Efisiensi Lambung
16. $P_c$	= Coeffisien Propulsif
17. DHP	= Delivery Horse Power
18. THP	= Trust Horse Power
19. SHP	= Shaft Horse Power
20. BHP scr	= Brake Horse Power service
21. BHP mcr	= Brake Horse Power Maximum

Perhitungan daya kapal dengan menggunakan metode Holtrop terdiri atas dua komponen tahanan yaitu tahanan pada kapal diatas sarat air (*draft*) yang dipengaruhi oleh luasan bangunan atas kapal dan tahanan akibat permukaan dibawah sarat air yang dipengaruhi oleh luasan permukaan basah kapal. Tahanan kapal total adalah penjumlahan dari kedua tahanan tersebut, sedangkan untuk pengaruh yang lain seperti gelombang, kekasaran permukaan dan sebagainya diberikan kelonggaran-kelonggaran pada penambahan *sea margin* dan *engine margin* kapal.

Metode perhitungan yang digunakan adalah metode Harvald. Untuk mencari daya mesin yang dibutuhkan oleh kapal, ada beberapa komponen yang perlu untuk dihitung terlebih dahulu yaitu EHP, DHP, THP, BHP scr, dan BHP mcr. Dengan perhitungan komponen-komponen tersebut dapat ditentukan jenis mesin apa yang cocok dengan kapal.

Pada perhitungan, ditentukan terlebih dahulu koefisien masing-masing tahanan yang dapat diperoleh dari diagram-diagram dan tabel-tabel. Pada perhitungan digunakan pedoman pada buku ***Tahanan dan Propulsi Kapal (SV. Harvald) dan J.Holtrop – G.G.J Mennen*** .

Dalam menentukan besarnya tahanan kapal dalam perencanaan ini menggunakan metode Holtrop. Adapun langkah – langkah dalam perhitungannya yang akan dijelaskan sebagai berikut:

#### 4.3.1. Volume Displacement Kapal

Volume Displacement merupakan volume air yang dipindahkan oleh badan kapal yang tercelup air. Dimana volume displacement ini adalah hasil

perkalian antara Length of water line (Lwl) ,Breadth (B), Draught/Draft (T), dan Coefficient Block (Cb). Sehingga dapat di formulasikan sebagai berikut :

$$\nabla = \text{LWL} \times \text{B} \times \text{T} \times \text{Cbwl} \text{ (m}^3\text{)}$$

Dimana :

Lwl = Panjang kapal saat sarat penuh (m)

B = Lebar kapal (m)

T = Sarat kapal (m)

Cbwl = Koefisien block

#### 4.3.2. Displacement Kapal

Displacement kapal adalah berat kapal yang dipindahkan oleh air pada saat badan kapal tercelup air. Dimana nilai ini adalah perkalian antara volume displacement kapal dengan berat jenis air laut. Sehingga dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$\Delta = \nabla \times \rho_{\text{air laut}} \text{ (ton)}$$

Dimana :

$\nabla$  = Volume displacement kapal (m<sup>3</sup>)

$\rho_{\text{air laut}}$  = Massa jenis air laut sebesar 1.025 (ton/m<sup>3</sup>)

#### 4.3.3. Froud Number

Dalam dunia kapal froud number sangat berpengaruh karena dari nilai ini kita bisa mengetahui karakteristik kapal kita seperti menentukan nilai koefisien block (Cb) , dan menentukan tipe kapal tersebut termasuk kapal cepat ataupun kapal lambat. Nilai tersebut tidak memiliki satuan, adapun formula untuk menghitung froud number sebagai berikut:

$$\text{Fn} = \frac{Vs}{\sqrt{g \times Lpp}}$$

Dimana :

Vs = Kecepatan dinas kapal (m/s)

g = Percepatan gravitasi bumi sebesar 9.81 (m/s<sup>2</sup>)

Lpp = Panjang kapal yang diukur dari AP ke FP (m)

#### 4.3.4. Reynod Number

Dalam suatu aliran fluida terdapat yang namanya Reynold Number, nilai tersebut berfungsi untuk mengetahui apakah aliran tersebut termasuk aliran turbulen atau laminar. Dalam dunia perkapalan nilai tersebut sangat penting karena berpengaruh terhadap aliran air yang masuk kedalam baling-baling kapal itu termasuk aliran turbulen ataukah laminar dengan ketentuan yang sudah ditentukan. Nilai tersebut tidak memiliki satuan, adapun formula untuk menghitung Reynold number sebagai berikut:

$$Rn = \frac{Vs \times Lwl}{\nu \text{ air laut}}$$

Dimana :

$Vs$  = Kecepatan dinas kapal (m/s)

$\nu \text{ air laut}$  = Viskositas kinematis pada air laut

dengan suhu  $15^{\circ}\text{C}$  sebesar  $1.1883 \times 10^{-6} \text{ (m}^2/\text{s)}$

$Lwl$  = Panjang kapal saat sarat penuh (m)

#### 4.3.5. Koefisien Tahanan Gesek ( $C_f$ )

Tahanan gesek merupakan tahanan yang disebabkan karena tahanan yang disebabkan karena adanya suatu gesekan yang terjadi antara lambung kapal dengan fluida yang mengalir, dimana fluida yang bekerja disini adalah air laut. Koefien gesek ini timbul akibat adanya tahanan yang disebabkan oleh kekentalan fluida/ viscositas fluida yang dalam hal ini adalah air laut.

$$C_f = \frac{0.075}{(\log. Rn - 2)^2}$$

#### 4.3.6. Tahanan Gesek

Tahanan gesek merupakan tahanan yang disebabkan karena tahanan yang disebabkan karena adanya suatu gesekan yang terjadi antara lambung kapal dengan fluida yang mengalir, dimana fluida yang bekerja disini adalah air laut. Dimana dalam menghitung tahanan gesek dengan metode holtrop ini harus memperhatikan beberapa parameter perhitungan sesuai formula yang tertera pada formula Tahanan total kapal J.Holtrop:

$$R_{total} = R_F(1 + k_1) + R_{APP} + R_W + R_B + R_{TR} + R_A \text{ (kN)}$$

Dimana :

RF(1+K1)	= Tahan gesek (kN)
RAPP	= Tahanan tambahan (kN)
RW	= Tahanan gelombang (kN)
RB	= Tahanan tambahan dari bulbous bow (kN)
RTR	= Tahanan tambahan dari transom yang tercelup ke air
RA	= Tahanan model ship correlation (kN)

Dimana dalam menghitung tahan gesek menggunakan metode J.Holtrop dapat dihitung dengan perincian sebagai berikut :

#### 4.3.6.1 Length of Run (LR)

Length of run adalah salah satu parameter penunjang untuk menghitung tahanan gesek pada metode J.Holtrop dan termasuk form factor. Adapun formulanya sebagai berikut :

$$LR = Lwl \left[ \frac{(1 - C_p) + (0.06 \times C_p \times Lcb)}{(4C_p - 1)} \right] (m)$$

Dimana :

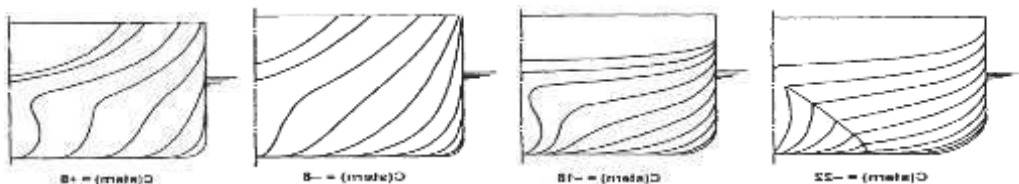
Lwl = Panjang kapal saat sarat penuh (m)

Cp = Koefisien prismatic

#### 4.3.6.2. Faktor C14

Nilai dari factor  $C_{14}$  adalah salah satu parameter dari perhitungan tahanan gesek yang diperlukan dimana didalam mencari nilai tersebut bentuk dari badan kapal yang kita rancang sangat menentukan nilai tersebut. Adapun formula, gambar, dan value range sebagai berikut :

$$C_{14} = 1 + 0.011 \times C_{Stern}$$



$$\begin{aligned}
C_{\text{stern}} &= -25 \text{ to } -20 \text{ barge shaped forms} \\
&= -10 \text{ after body with V section} \\
&= 0 \text{ normal shape of after body} \\
&= +10 \text{ after body with U section}
\end{aligned}$$

#### 4.3.6.3. Form Faktor (1+K<sub>1</sub>)

Dimana form factor ini adalah suatu nilai faktor bentuk kapal sebagai salah satu parameter dari perhitungan tahanan gesek yang diperlukan dalam perhitungannya. Adapun formulasinya sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
1 + k &= 0.93 + (0.487118 \times C_{14} \times (B/Lwl)^{-1.06806}) \\
&\quad \times (T/Lwl)^{0.46106} \times (Lwl/LR)^{0.121563} \times Lwl^3/\nabla)^{0.36486} \\
&\quad \times (1 - CP)^{-0.604247}
\end{aligned}
\tag{9}$$

Dimana :

$$\begin{aligned}
Lwl &= \text{Panjang kapal saat sarat penuh (m)} \\
Cp &= \text{Koefisien prismatic} \\
B &= \text{Lebar kapal (m)} \\
T &= \text{Sarat kapal (m)} \\
LR &= \text{Length of run (m)} \\
\nabla &= \text{Volume displacement kapal (m}^3\text{)}
\end{aligned}$$

#### 4.3.6.4. Luas Permukaan Basah Kapal (S)

Luas permukaan basah suatu kapal juga memengaruhi nilai koefisien tahanan gesek suatu kapal karena badan kapal yang tercelup air jika bergerak akan terdapat gesekan maka dari itu harus dicari nilai luasan permukaan basahnya. Dimana dalam perhitungannya menggunakan metode holtrop sehingga di formulasikan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
S &= (Lwl(2T + B)) \times \sqrt{Cm} \\
&\times \left[ (0.453 + (0.4425 \times cb) - (0.2862 \times cm) - \right. \\
&\quad \left. \left( 0.003467 \times \frac{B}{T} \right) + (0.3696 \times Cwp) + (2.38 \times \left( \frac{A_{BT}}{Cb} \right)) \right] (m^2)
\end{aligned}$$

Dimana :

Lwl = Panjang kapal saat sarat penuh (m)

Cwp = Koefisien waterline

B = Lebar kapal (m)

T = Sarat kapal (m)

A<sub>BT</sub> = Luasan melintang dari bulb (m<sup>2</sup>)

Cb = Koefisien block

Cm = Koefisien of midship

#### 4.3.6.5. Tahanan Gesek (RF(1+K1))

Tahanan gesek merupakan tahanan yang disebabkan karena tahanan yang disebabkan karena adanya suatu gesekan yang terjadi antara lambung kapal dengan fluida yang mengalir, dimana fluida yang bekerja disini adalah air laut. Dimana dalam metode holtrop ini diformulasikan sebagai berikut :

$$RF(1 + K_1) = \frac{1}{2} \times \rho_{air\ laut} \times C_f \times S \times V_s^2 \text{ (kN)}$$

$$RF = \frac{1}{2} \times \rho_{air\ laut} \times C_f \times S \times V_s^2 \times (1 + K_1) \text{ (kN)}$$

Dimana :

Cf = Koefisien tahanan gesek

$\rho_{air\ laut}$  = Massa jenis air laut sebesar 1.025 (ton/m<sup>3</sup>)

S = Luas permukaan basah kapal (m<sup>2</sup>)

#### 4.3.6.6. Tahanan Tambahan (R<sub>APP</sub>)

Tahanan tambahan pada kapal ini sangat berpengaruh terhadap nilai suatu tahanan pada kapal. Dimana tahanan tambahan ini bisa termasuk bagian-nagian kapal yang berada diluar lambung kapal seperti finns stabilizer, rudder, bilge keel, bulbousbow dll. Dengan metode J.Holtrop dalam perhitungan tahanan tambahan dapat diformulasikan sebagai berikut dan perincian perhitungannya :

$$R_{APP} = 0.5 \times \rho_{Air\ laut} \times S_{APP} \times (1 + K_2)_{eq} \times c_f \text{ (kN)}$$

Dimana :

Cf = Koefisien tahanan gesek

$\rho_{air\ laut}$  = Massa jenis air laut sebesar 1.025 (ton/m<sup>3</sup>)

(1+k<sub>2</sub>)<sub>eq</sub> = Faktor nilai

$$S_{APP} = \text{Luasan tambahan permukaan basah kapal (m}^2\text{)}$$

#### 4.3.6.7. Luasan Tambahan Permukaan Basah kapal ( $S_{APP}$ )

Dimana luasan tambahan permukaan basah kapal bisa didapatkan nilainya dengan menggunakan formula sebagai berikut : (BKI Vol.II, Rules for hull construction 2006, sec 14)

$$S_{APP} = c1 \times c2 \times c3 \times c4 \times \left( 1.75 \times Lwl \times \left( \frac{T}{100} \right) \right) (m^2)$$

No	C1 (Untuk Faktor Tipe Kapal)	C2 (Untuk Faktor Tipe Ruddder)	C3 (Untuk Faktor profil Rudder)	C4 (Untuk Faktor perencanaan Rudder)
1	Bernilai 1 untuk kapal umum	Bernilai 1 untuk bentuk umum	Bernilai 1 untuk NACA-profil dan plat rudder	Bernilai 1 untuk kemudi dibelakang propeller
2	Bernilai 0.9 untuk bulk carrier dan tanker dengan displacement $\geq 50000$ ton	Bernilai 0.9 untuk bentuk spade rudder	Bernilai 0.8 untuk hollow profil	Bernilai 1.5 untuk kemudi yang berfungsi sebagai propulsor
3	Bernilai 1,7 untuk tug boat dan trawler	Bernilai 0.8 untuk bentuk double rudder	-	-
4	-	Bernilai 0.7 untuk high lift rudder	-	-

#### 4.3.6.8. Nilai $(1+K_2)_{eq}$

Dimana  $(1+K_2)_{eq}$  bisa didapatkan nilainya menggunakan formula ataupun tabel dibawah ini :

$$(1 + K_2)_{eq} = \frac{\sum (1+K_2) \times S_{APP}}{\sum S_{APP}}$$

Approximate 1 + K <sub>2</sub> Values		
No	Item	Values
1	Rudder Behind Skeg	1.5 – 2.0
2	Rudder Behind Stern	1.3 – 1.5
3	Twin-screw Balance Rudder	2.8
4	Shaft Bracket	3.0
5	Skeg	1.5 – 2.0
6	Strut Bossing	3.0
7	Hull Bossing	2.0
8	Shafts	2.0 – 4.0
9	Stabilizer Fins	2.8
10	Dome	2.7
11	Bilge Keels	1.4

#### 4.3.6.9. Tahanan Gelombang (R<sub>w</sub>)

Dalam menghitung tahanan gelombang dengan menggunakan metode Holtrop ini harus diperhatikan beberapa parameter perhitungan sesuai formula yang tertera pada formula Tahanan Tambahan Kapal J.Holtrop :

$$R_W = c_1 \times c_2 \times c_5 \times \nabla \times \rho_{Air\ laut} \times g \times \exp\{(m_1 \times Fn^d + m_2 \times \cos(\gamma \times Fn^{-2}))\} \quad (N) \quad (17)$$

Maka R<sub>w</sub> dapat dihitung dengan perincian/penjabaran sebagai berikut :

Dimana c<sub>1</sub> didapatkan nilainya menggunakan formula sebagai berikut :

$$C_1 = 2223105 \times C_7^{3,78613} \times \left(\frac{T}{B}\right)^{1,07961} \times (90 - i_E)^{-1,37565}$$

I<sub>E</sub> = ½ dari sudut masuk (Angle of enterance) pada desain 1 (lines plan)

Approximate C <sub>7</sub> Values		
No	Nilai	Ketika
1	$C_7 = 0.229577(B/Lwl)^{0.33333}$	B/Lwl < 0.11
2	$C_7 = B/Lwl$	0.11 < B/Lwl < 0.25



3	$C_7 = 0.5 - (0.0625 \times \frac{B}{Lwl})$	$B/Lwl > 0.25$
---	---	----------------

$$C_2 = \exp(-1.89\sqrt{C_3})$$

(19)

Dimana sebelum mencari nilai  $C_2$  harus menghitung  $C_3$  terlebih dahulu dengan menggunakan formula sebagai berikut :

$$C_3 = 0.56A_{BT}^{1.5} / \{BT(0.31\sqrt{A_{BT}} + T_F - H_B)\}$$

#### 4.3.6.10. Lambda ( $\lambda$ )

Dimana lambda didapatkan nilainya menggunakan tabel range formula sebagai berikut :

Approximate $\lambda$ Values		
No	Nilai	Ketika
1	$\lambda = 1.446 Cp - 0.03 Lwl/B$	$Lwl/B < 12$
2	$\lambda = 1.446 Cp - 0.36$	$Lwl/B > 12$

#### 4.3.6.11. Nilai $m_1$

Dimana  $m_1$  didapatkan nilainya menggunakan formula sebagai berikut :

$$m_1 = \left(0.0140407 \frac{Lwl}{T}\right) - \left(1.75254 \times \frac{\sqrt[3]{3}}{Lwl}\right) + \left(4.79323 \times \frac{B}{Lwl}\right) - C_{16}$$

Dimana sebelum menghitung nilai  $m_1$  harus menghitung nilai dari  $c_{16}$  menggunakan tabel range formula sebagai berikut :

Approximate $c_{16}$ Values		
No	Nilai	Ketika
1	$c_{16} = (8.07981 \times Cp) - (13.8673 \times Cp^2) + 6.984388 \times Cp^3$	$Cp < 0.8$
2	$c_{16} = 1.73014 - 0.7067 Cp$	$Cp > 0.8$

#### 4.3.6.12. Nilai $m_2$

Dimana nilai dari  $m_2$  didapatkan nilainya dengan menggunakan formula sebagai berikut:

$$m_2 = c_{15} \times Cp^2 \times \exp(-0.1 \times Fn^{-2})$$

Dimana sebelum mencari nilai dari  $m_2$  maka kita harus mencari terlebih dahulu nilai  $c_{15}$  dengan menggunakan tabel range formula sebagai berikut :

Approximate $c_{15}$ Values		
No	Nilai	Ketika
1	$C_{15} = -1.69385$	$L^3/\nabla \leq 512$
2	$C_{15} = 0.0$	$L^3/\nabla \geq 1727$
3	$C_{15} = -1.69385 + (\frac{Lwl}{\frac{1}{\nabla^3}} - 8)/2.36$	$512L^3/\nabla < 1727$

#### 4.3.6.13. Nilai $c_5$

Dimana nilai dari  $c_5$  bisa didapatkan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$c_5 = 1 - 0.8A_T/(B \times T \times Cm)$$

#### 4.3.7. Tahanan Dinas Kapal

Dalam menghitung tahanan total kapal menggunakan metode holtrop ditambahkan dengan factor sea margin dengan formula sebagai berikut :

$$RT_{Dinas} = (1 + 20\%) \times RT \quad (kN)$$

Prediksi tahanan total kapal dilakukan dengan menggunakan metode Holtrop. Metode Holtrop merupakan metode yang terkenal akan akurasinya dalam memprediksi tahanan total kapal dengan menggunakan pendekatan numerik. Oleh karena berbasis pada pendekatan numerik, metode Holtrop sangat membantu peneliti untuk memprediksi secara cepat dan tepat besar tahanan total yang dialami kapal Ro-Ro Barge pada berbagai kecepatan dinas ( $V_s$ ). Perhitungan tahanan total kapal dengan metode Holtrop dilampirkan dalam Lampiran A.

Selama berlayar, kapal akan mengalami penambahan tahanan total akibat kondisi lingkungan laut, *fouling* pada badan kapal, korosi pada badan kapal, dsb. Penambahan tersebut disebut dengan *sea margin* (SM). Tahanan sebenarnya yang dialami kapal selama kapal berlayar disebut  $R_T$  dinas yang diperoleh dengan mengalikan faktor SM ke dalam  $R_T$  yang telah diperoleh sebelumnya.

Nilai SM pada berbagai perairan berbeda-beda. Untuk perairan di sekitar Indonesia, yaitu Samudera Hindia dan Samudera Pasifik, nilai SM-nya bervariasi antara 1.15 ~ 1.20 (Harvald, 1992). Untuk kapal Ro-Ro Barge diambil nilai SM terbesar, yakni 1.20. Seluruh hasil perhitungan komponen-komponen tahanan total kapal dengan metode Holtrop ditampilkan dalam Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil perhitungan komponen tahanan total kapal RO-RO Barge sebagai fungsi dari  $V_s$

<b>A. Perhitungan tahanan gesek [<math>R_F(1 + k_1)</math>]</b>			
<b>No .</b>	<b>Komponen</b>	<b>Harga</b>	<b>Unit</b>
1	$L_R$	1.93	m
2	$T/L_{wl}$	0.09709	
3	$c_{14}$	1	
4	$C_{stern}$	0	
5	$C_m$	0.99	
6	$(1 + k_1)$	1.68	
7	$S$	116.8	$m^2$
8	$R_n$	$6.019 \times 10^7 V_s$	
9	$C_F$	$\frac{0.075}{[\log .R_n-2]^2} = 0.002245297$	
10	$R_F(1 + k_1)$	$1/2 * r_{air} * C_f * S * V^2 * (1 + K_1)$ 4.73	N
<b>B. Perhitungan tahanan gesek akibat <i>appendages</i> [<math>R_{APP}</math>]</b>			
<b>No .</b>	<b>Komponen</b>	<b>Harga</b>	<b>Unit</b>
1	$\Sigma S_{APP} \times (1+k_2)_{eq}$	0.60834	

2	$R_{APP}$	$0,5 \cdot \rho_{air\ laut} \cdot V_s^2 \cdot SAPP \cdot (1+K_2) \cdot e_q \cdot C_f$	N
<b>C. Perhitungan tahanan akibat gelombang [<math>R_W</math>]</b>			
No .	Komponen	Harga	Unit
1	B/Lwl	0.45	
2	$c_7$	0.45	
3	$i_E$	8.5	°
4	$c_1$	0.47	
5	$c_3$	0	
6	$c_2$	1	
7	$c_5$	0.7156	
8	$c_{16}$	1.21	
9	$m_1$	0.56	
10	$Lwl^3/\nabla$	296.1	
11	$c_{15}$	1	
12	$m_2$	-0.48	
13	Lwl/B	2.21	
14	$\Lambda$	1.02	
15	$R_W$	$C_1 \times C_2 \times C_5 \times \nabla \times \rho_{Air\ Laut} \times g \times \exp\{m_1 \times [Fn]^d + m_2 \times \cos(\lambda \times [Fn]^{-2})\}$ = 2.008	N
<b>D. Perhitungan tahanan tambahan akibat <i>transom</i> tercelup [<math>R_{TR}</math>]</b>			
No .	Komponen	Harga	Unit
1	$F_{nT}$	$\frac{V_s}{\sqrt{2 \times g \times At / (B + B \times Cwp)}}$	
2	$R_{TR}$	0	N
<b>E. Perhitungan tahanan tambahan akibat <i>bulbous bow</i> [<math>R_{TR}</math>]</b>			
No .	Komponen	Harga	Unit
1	$R_B$	0	

<b>F. Perhitungan tahanan tambahan akibat korelasi antara model dan badan kapal sesungguhnya [<math>R_A</math>]</b>			
1	$T_F / L_{wl}$	0.10	
2	$c_4$	0.04	
3	$C_A$	0.0008	
4	$R_A$	0.95	<b>N</b>

Maka tahanan dinas  $R_{T \text{ dinas}}$  sebagai fungsi dari  $V_s$  dapat dirumuskan seperti berikut.

$$R_{T \text{ dinas}} = 1 + 15\% \times [R_F(1 + k_1) + R_{APP} + R_W + R_B + R_{TR} + R_A] \quad (4.2)$$

Dengan memasukkan nilai  $V_s = 9$  knot, ke dalam Persamaan, diperoleh besar tahanan dinas  $V_s$  dengan perhitungan manual, menggunakan software Maxsurf dan pemodelan kapal menggunakan Fine Marine Numeca.

<b><math>V_s</math></b>	<b><math>R_{T \text{ dinas}}</math> perhitungan Holtrop</b>	<b><math>V_s</math></b>	<b><math>R_{T \text{ dinas}}</math> (software Maxsurf)</b>	<b><math>V_s</math></b>	<b><math>R_{T \text{ dinas}}</math> (Fine Marine Numeca)</b>
<b>(knot)</b>	<b>(kN)</b>	<b>(knot)</b>	<b>(kN)</b>	<b>(knot)</b>	<b>(kN)</b>
9	10.47	9	12.3	9	13.52

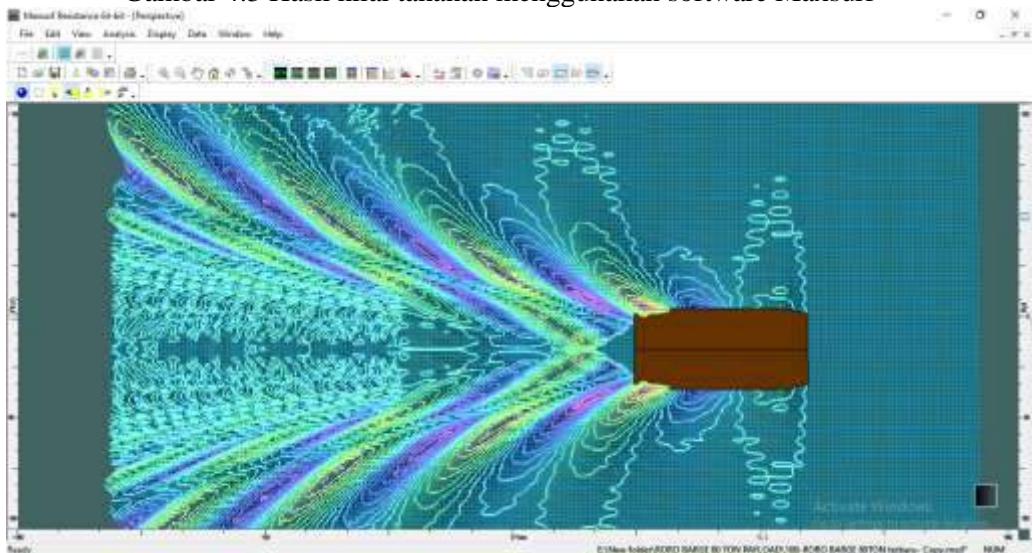
Tabel 4.3 Hasil nilai tahanan dari 3 metode perhitungan

Maxsurf Resistance 64-bit - [Data]

	Item	Value	Units	Reference	Comments
1	LUL	15.0	m	15.0000	15.0000
2	Beam	9.0	m	9.0000	9.0000
3	Depth	1.5	m	1.5000	1.5000
4	Displaced volume	100.0	m <sup>3</sup>	100.000	100.000
5	Wetted area	160.000	m <sup>2</sup>	160.000	160.000
6	Wetted area (LUL)	0.00	m <sup>2</sup>	0.0000	0.0000
7	Wetted area (LUL) (Comp)	0.00	m <sup>2</sup>	0.0000	0.0000
8	CG angle of incidence	25.0	deg	25.00	25.00
9	CG to transverse axis	0.00	m	0.0000	0.0000
10	Transverse axis	1.50	m	1.5000	1.5000
11	Transverse axis	0.0000	m	0.0000	0.0000
12	Transverse axis	0.00	m	0.0000	0.0000
13	Longitudinal axis	0.00	m	0.0000	0.0000
14	Longitudinal axis	0.0000	m	0.0000	0.0000
15	Longitudinal axis	0.00	m	0.0000	0.0000
16	Longitudinal axis	0.0000	m	0.0000	0.0000
17	Longitudinal axis	0.00	m	0.0000	0.0000
18	Longitudinal axis	0.0000	m	0.0000	0.0000
19	Longitudinal axis	0.00	m	0.0000	0.0000
20	Longitudinal axis	0.0000	m	0.0000	0.0000
21	Longitudinal axis	0.00	m	0.0000	0.0000
22	Longitudinal axis	0.0000	m	0.0000	0.0000
23	Longitudinal axis	0.00	m	0.0000	0.0000
24	Longitudinal axis	0.0000	m	0.0000	0.0000
25	Longitudinal axis	0.00	m	0.0000	0.0000
26	Longitudinal axis	0.0000	m	0.0000	0.0000
27	Longitudinal axis	0.00	m	0.0000	0.0000
28	Longitudinal axis	0.0000	m	0.0000	0.0000
29	Longitudinal axis	0.00	m	0.0000	0.0000
30	Longitudinal axis	0.0000	m	0.0000	0.0000
31	Longitudinal axis	0.00	m	0.0000	0.0000
32	Longitudinal axis	0.0000	m	0.0000	0.0000
33	Longitudinal axis	0.00	m	0.0000	0.0000
34	Longitudinal axis	0.0000	m	0.0000	0.0000
35	Longitudinal axis	0.00	m	0.0000	0.0000
36	Longitudinal axis	0.0000	m	0.0000	0.0000
37	Longitudinal axis	0.00	m	0.0000	0.0000
38	Longitudinal axis	0.0000	m	0.0000	0.0000
39	Longitudinal axis	0.00	m	0.0000	0.0000
40	Longitudinal axis	0.0000	m	0.0000	0.0000
41	Longitudinal axis	0.00	m	0.0000	0.0000
42	Longitudinal axis	0.0000	m	0.0000	0.0000
43	Longitudinal axis	0.00	m	0.0000	0.0000
44	Longitudinal axis	0.0000	m	0.0000	0.0000
45	Longitudinal axis	0.00	m	0.0000	0.0000
46	Longitudinal axis	0.0000	m	0.0000	0.0000
47	Longitudinal axis	0.00	m	0.0000	0.0000
48	Longitudinal axis	0.0000	m	0.0000	0.0000
49	Longitudinal axis	0.00	m	0.0000	0.0000
50	Longitudinal axis	0.0000	m	0.0000	0.0000
51	Longitudinal axis	0.00	m	0.0000	0.0000
52	Longitudinal axis	0.0000	m	0.0000	0.0000
53	Longitudinal axis	0.00	m	0.0000	0.0000
54	Longitudinal axis	0.0000	m	0.0000	0.0000
55	Longitudinal axis	0.00	m	0.0000	0.0000
56	Longitudinal axis	0.0000	m	0.0000	0.0000
57	Longitudinal axis	0.00	m	0.0000	0.0000
58	Longitudinal axis	0.0000	m	0.0000	0.0000
59	Longitudinal axis	0.00	m	0.0000	0.0000
60	Longitudinal axis	0.0000	m	0.0000	0.0000
61	Longitudinal axis	0.00	m	0.0000	0.0000
62	Longitudinal axis	0.0000	m	0.0000	0.0000
63	Longitudinal axis	0.00	m	0.0000	0.0000
64	Longitudinal axis	0.0000	m	0.0000	0.0000
65	Longitudinal axis	0.00	m	0.0000	0.0000
66	Longitudinal axis	0.0000	m	0.0000	0.0000
67	Longitudinal axis	0.00	m	0.0000	0.0000
68	Longitudinal axis	0.0000	m	0.0000	0.0000
69	Longitudinal axis	0.00	m	0.0000	0.0000
70	Longitudinal axis	0.0000	m	0.0000	0.0000
71	Longitudinal axis	0.00	m	0.0000	0.0000
72	Longitudinal axis	0.0000	m	0.0000	0.0000
73	Longitudinal axis	0.00	m	0.0000	0.0000
74	Longitudinal axis	0.0000	m	0.0000	0.0000
75	Longitudinal axis	0.00	m	0.0000	0.0000
76	Longitudinal axis	0.0000	m	0.0000	0.0000
77	Longitudinal axis	0.00	m	0.0000	0.0000
78	Longitudinal axis	0.0000	m	0.0000	0.0000
79	Longitudinal axis	0.00	m	0.0000	0.0000
80	Longitudinal axis	0.0000	m	0.0000	0.0000
81	Longitudinal axis	0.00	m	0.0000	0.0000
82	Longitudinal axis	0.0000	m	0.0000	0.0000
83	Longitudinal axis	0.00	m	0.0000	0.0000
84	Longitudinal axis	0.0000	m	0.0000	0.0000
85	Longitudinal axis	0.00	m	0.0000	0.0000
86	Longitudinal axis	0.0000	m	0.0000	0.0000
87	Longitudinal axis	0.00	m	0.0000	0.0000
88	Longitudinal axis	0.0000	m	0.0000	0.0000
89	Longitudinal axis	0.00	m	0.0000	0.0000
90	Longitudinal axis	0.0000	m	0.0000	0.0000
91	Longitudinal axis	0.00	m	0.0000	0.0000
92	Longitudinal axis	0.0000	m	0.0000	0.0000
93	Longitudinal axis	0.00	m	0.0000	0.0000
94	Longitudinal axis	0.0000	m	0.0000	0.0000
95	Longitudinal axis	0.00	m	0.0000	0.0000
96	Longitudinal axis	0.0000	m	0.0000	0.0000
97	Longitudinal axis	0.00	m	0.0000	0.0000
98	Longitudinal axis	0.0000	m	0.0000	0.0000
99	Longitudinal axis	0.00	m	0.0000	0.0000
100	Longitudinal axis	0.0000	m	0.0000	0.0000

Maxsurf Resistance 64-bit - [Data]

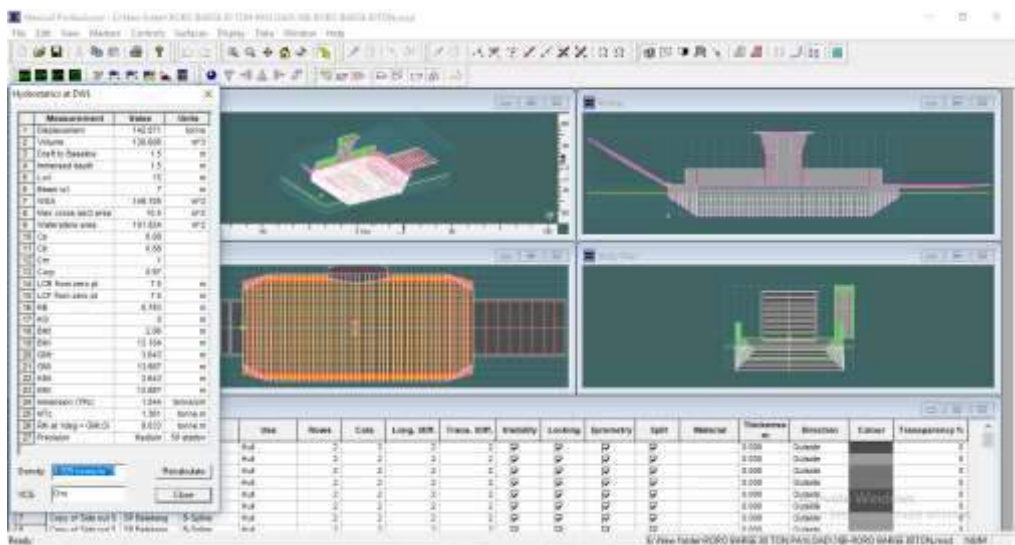
Gambar 4.3 Hasil nilai tahanan menggunakan software Maxsurf



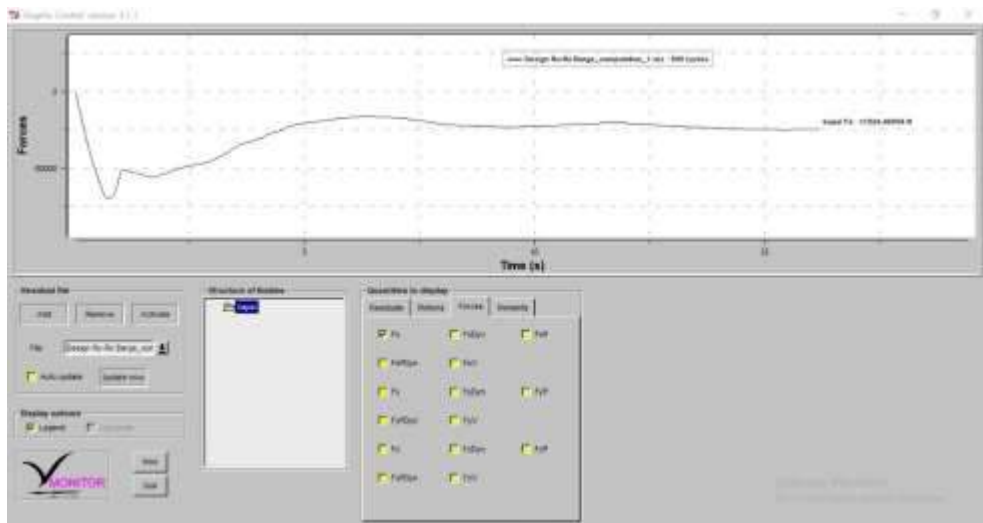
Gambar 4.4 Gambaran aliran arus kapal *RoRo Barge* dengan software Maxsurf

	Segment No.	Profile No. CWL	Profile No. VLS	Midline Base, mm	Midline Profile, mm
9	0.000	0.000	0.144	---	---
10	2.000	0.000	0.162	---	---
11	2.000	0.100	0.111	---	---
12	2.150	0.117	0.090	---	---
13	3.000	0.127	0.217	---	---
14	3.000	0.135	0.236	---	---
15	3.000	0.140	0.203	---	---
16	3.750	0.106	0.271	---	---
17	4.000	0.070	0.309	---	---
18	4.000	0.080	0.307	---	---
19	4.000	0.161	0.325	---	---
20	6.750	0.261	0.343	---	---
21	6.000	0.212	0.361	---	---
22	6.000	0.223	0.379	---	---
23	6.000	0.223	0.397	---	---
24	5.750	0.244	0.473	---	---
25	6.000	0.254	0.453	---	---
26	6.250	0.261	0.467	0.7	21.166
27	6.500	0.270	0.469	0.6	21.477
28	6.750	0.269	0.407	0.0	23.084
29	7.000	0.267	0.505	1.0	20.001
30	7.000	0.268	0.624	1.0	27.432
31	7.000	0.110	0.542	1.0	38.510
32	7.750	0.330	0.590	0.4	23.343
33	8.000	0.336	0.575	0.3	27.222
34	8.250	0.360	0.590	0.0	41.730
35	8.500	0.361	0.611	0.7	48.783
36	8.750	0.371	0.622	11.6	51.088
37	9.000	0.360	0.609	12.3	66.803
38	9.250	0.360	0.608	13.0	91.334
39	9.500	0.461	0.600	13.7	67.104
40	9.750	0.414	0.704	15.0	75.249
41	10.000	0.434	0.732	16.1	83.608

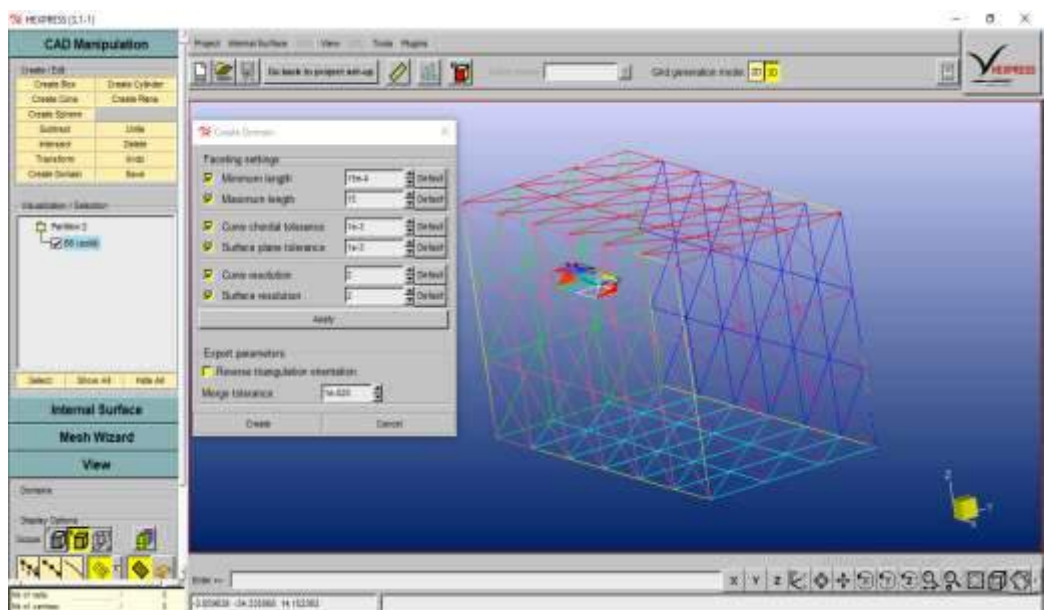
Gambar 4.5 Hasil nilai tahanan menggunakan software Maxsurf



Gambar 4.6 Hasil nilai tahanan menggunakan software Maxsurf

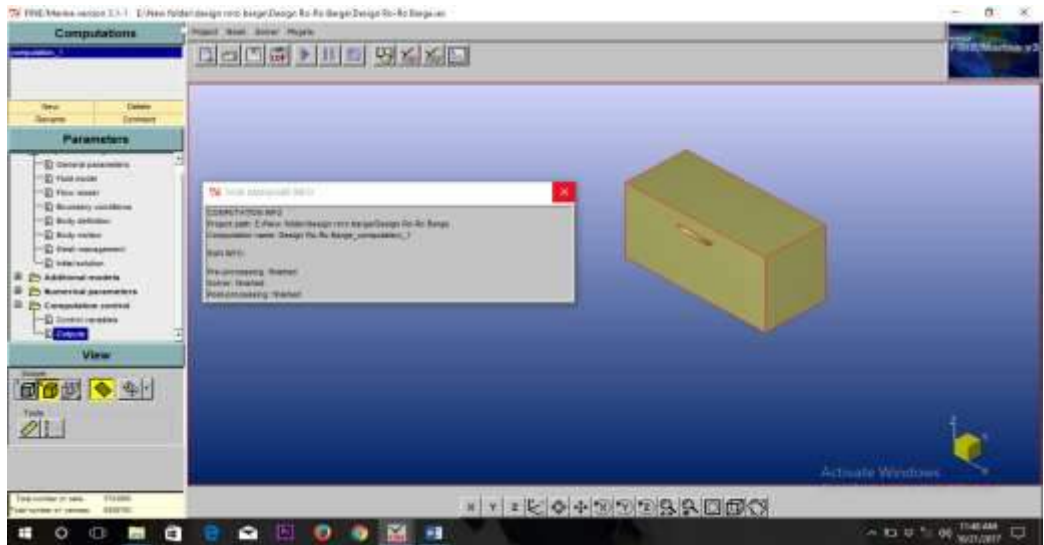


Gambar 4.7 Hasil nilai tahanan menggunakan software Numeca Fine Marine



Gambar 4.8 Proses perhitungan analisa menggunakan software Numeca Fine Marine





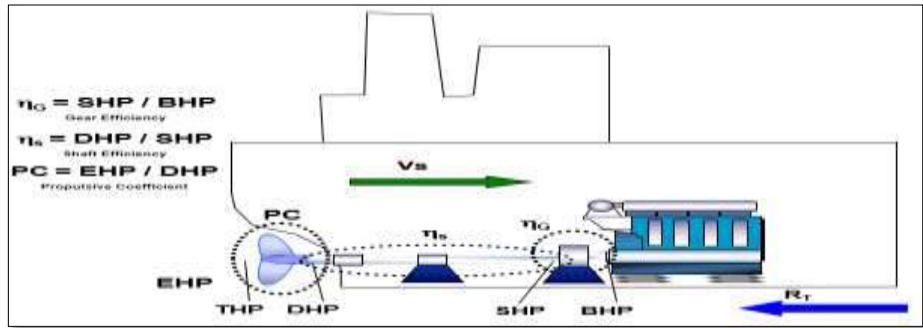
Gambar 4.9 Proses perhitungan analisa menggunakan software Numeca Fine Marine

#### 4.4 Perhitungan Pemilihan Mesin Utama Kapal

Kapal yang bergerak di media air dengan kecepatan tertentu maka akan mengalami gaya hambat (*resistance*) yang berlawanan dengan arah gerak kapal tersebut. Besarnya gaya hambat yang terjadi harus mampu diatasi oleh gaya dorong kapal (*thrust*) yang dihasilkan dari kerja alat gerak kapal (*propulsor*). Daya yang disalurkan (PD) ke alat gerak kapal adalah berasal dari Daya Poros (PS), sedangkan Daya Poros sendiri bersumber dari Daya Rem (PB) yang merupakan daya luaran motor penggerak kapal.

Ada beberapa pengertian mengenai daya yang sering digunakan didalam melakukan estimasi terhadap kebutuhan daya pada sistem penggerak kapal, antara lain :

- Daya Efektif (*Effective Power-PE*);
- Daya Dorong (*Thrust Power-PT*);
- Daya yang disalurkan (*Delivered Power-PD*);
- Daya Poros (*Shaft Power-PS*);
- Daya Rem (*Brake Power-PB*);
- Daya yang diindikasi (*Indicated Power-PI*).



Gambar 4.10 Sistem Perporosan dan Powering

#### 4.4.1. Effective Horse Power (EHP)

$$\text{EHP} = \text{RT}_{\text{Dinas}} \times \text{Vs} \dots \dots \dots (\text{kW})$$

Dimana :

$\text{RT}_{\text{Dinas}}$  = Tahanan Total Kapal Saat Berlayar (kN)

$\text{Vs}$  = Kecepatan kapal (m/s)

#### 4.4.2. Delivery Horse Power (DHP)

$$\text{DHP} = \frac{\text{EHP}}{\text{Pc}} \dots \dots \dots (\text{kW})$$

$$\text{PC} = \eta_H \times \eta_{rr} \times \eta_o$$

Dimana :

DHP = Delivery Horse Power (kW)

EHP = Effective Horse Power (HP)

PC = Propulsif Coeficient

$\eta_H$  = Efisiensi Hull

$\eta_{rr}$  = Efisiensi Relative Roatative

$\eta_o$  = Efisiensi Propeller

#### 4.4.3. Effisiensi Lambung

$$\eta_H = (1 - t) / (1 - w)$$

Dimana :

$\eta_H$  = Efisiensi Hull

$t$  = Trust Deduction Factor

$w$  = Wake Friction

#### 4.4.4. Wake Friction

*Wake friction* atau arus ikut merupakan perbandingan antara kecepatan kapal dengan kecepatan air yang menuju ke *propeller*, perbedaan antara kecepatan kapal dengan kecepatan aliran air akan menghasilkan harga koefisien arus ikut. Perhitungan *w* dapat dilakukan dengan rumus dari H Schneekluth and V. Bertram *Ship design for efficiency & economy* hal 183. Wake friction dapat dihitung ataupun dilihat berapa besar nilainya menggunakan tabel taylor sebagai berikut :

No	Block Coefficient	Wake Fraction (Taylor)	
	C <sub>b</sub>	Twin-screw ship	Single-screw ship
1	0.5	-0.038	0.230
2	0.55	-0.021	0.234
3	0.6	+0.007	0.243
4	0.65	0.045	0.260
5	0.70	0.091	0.283
6	0.75	0.143	0.314
7	0.80	-	0.354
8	0.85	-	0.400
9	0.90	-	0.477

Tabel 4.4 Nilai *Wake Fraction* Dari Taylor

#### 4.4.5. Thrust Deduction Factor

$$t = k \times w \text{ ,Nilai } k \text{ antara } 0.7 \sim 0.9$$

- **Efisiensi Relatif Rotatif ( $\eta_{rr}$ )**, Nilai  $\eta_{rr}$  untuk kapal dengan propeller tipe single screw berkisar 1,00~1,1 dalam *Principal Of Naval Architecture* hal 152.
- **Efisiensi Propulsi ( $\eta_o$ )**, Open water efficiency dari propeller pada saat dilakukan open water test ini bernilai antara 40% ~ 70%. Nilai ini sangat berpengaruh dalam pemilihan tipe propeller baik dari segi diameter,  $A_e/a_o$ ,  $P/D$ , dan jumlah dari baling-balingnya.

- **Koefisien Propulsif (Pc)**, Dimana Koefisien propulsive adalah perkalian dari efisiensi hull, efisiensi relative rotative, dan efisiensi open water. Adapun formula sebagai berikut :

$$PC = \eta_H \times \eta_{rr} \times \eta_o$$

Dimana :

PC = Propulsif Coefficient

$\eta_H$  = Efisiensi Hull

$\eta_{rr}$  = Efisiensi Relative Rotative

$\eta_o$  = Efisiensi Propeller

#### 4.4.6. Thrust Horse Power (THP)

$$THP = \frac{EHP}{\eta_{hull}} \quad (kW)$$

Dimana :

EHP = Effektiv Horse Power (HP)

$\eta_H$  = Efisiensi Hull

#### 4.4.7. Shaft Horse Power (SHP)

$$SHP = \frac{DHP}{\eta_s} \quad (kW)$$

Dimana :

DHP = Delivery Horse Power (HP)

$\eta_s$  = Efisiensi Shaft

#### 4.4.8. Brake Horse Power (BHP scr)

$$BHP_{SCR} = \frac{SHP}{\eta_G} \quad (kW)$$

Dimana :

SHP = Shaft Horse Power (HP)

$\eta_G$  = Efisiensi Gear Box

#### 4.4.9. Brake Horse Power (BHP mcr)

$$\text{BHP}_{\text{MCR}} = \frac{\text{BHP}_{\text{SCR}}}{0.85} \quad (\text{kW})$$

No.	Komponen Perhitungan	Hasil	Satuan
1.	EHP	59	kW
2.	Wake Friction (w)	0.45	
3.	Trust Deducton Factor (t)	0.4	
4.	THP	55	kW
5.	DHP	90	kW
6.	SHP	92	kW
7.	BHP scr	143	HP
9.	BHP scr	107	kW

#### 4.5. Pemilihan Daun dan Tipe Propeller

Dalam melakukan perhitungan propeller, pertama kali yang harus dipahami adalah segala hal yang mempunyai korelasi terhadap perhitungan propeller itu sendiri. Hal-hal tersebut antara lain power, velocities, forces, dan efficencies. Selain hal-hal tersebut, harus dipahami juga definisi beberapa parameter yang penting, yang menghubungkan antara kapal, mesin dan propeller, misalnya seperti gaya dorong propeller (thrust) dan kecepatan air yang mengalir ke propeller atau kecepatan maju propeller ( $V_a$ ). Pada perhitungan kali ini menggunakan buku Tahanan dan Propulsi Kapal (Harvald, 1992), Principles of Naval Architecture (Lewis, 1988), dan Marine Propeller And Propulsion (Carlton, 2007). Adapun langkah – langkah dalam perhitungannya yang akan dijelaskan sebagai berikut :

##### 4.5.1. Perhitungan Diameter Maksimal

Dalam perhitungan awal, yang harus diketahui adalah syarat maksimal diameter dari propeller tersebut. Dalam buku Tahanan dan Propulsi Kapal

(Harvald, 1992) dijelaskan bahwa diameter propeller tidak boleh lebih dari 0,7 sarat buritan (TA). Dalam perhitungan kali ini akan menggunakan ukuran maksimal yaitu 0,7T. Hal ini mengacu pada perencanaan buritan di kapal yang sudah direncanakan dalam Lines Plan.. Sehingga dapat di formulasikan sebagai berikut :

$$D = 0.7 \times T \quad (\text{m})$$

Dimana :

$$T = \text{Sarat kapal (m)}$$

Sedangkan diameter propeller yang diizinkan memiliki perhitungan tersendiri. Dengan merencanakan clearance pada buritan kapal. Dalam perhitungan kali ini akan menggunakan clearance sebesar 8% dari diameter.

$$D_{\text{max}} = D / 1.08 \quad (\text{m})$$

#### 4.5.2. Menentukan Nilai $B_{P1}$

Langkah selanjutnya ialah mencari nilai BP, yang mana nanti nilai tersebut digunakan untuk pembacaan pada diagram BP. Dalam buku Principles of Naval Architecture (Lewis, 1988), diberitahukan rumus untuk mencari nilai BP adalah sebagai berikut :

$$BP_1 = N_{\text{propeller}} \times PD^{0.5} / VA^{2.5}$$

Dimana :

$$N_{\text{propeller}} = \text{RPM}$$

$$PD = \text{Delivered power at propeller (DHP)}$$

$$VA = \text{Speed of advance}$$

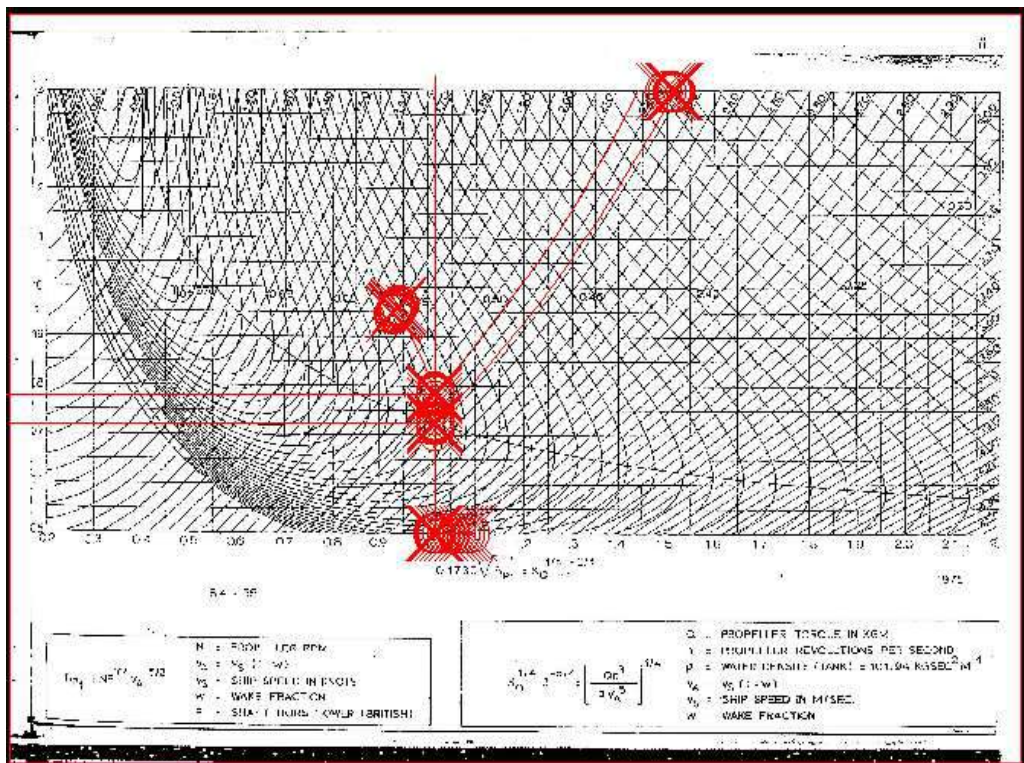
#### 4.5.3. Pembacaan Diagram $B_{P1}$

Setelah mendapatkan besarnya nilai  $B_{P1}$ , maka kali ini nilai tersebut dimasukkan kedalam rumus dibawah ini :

$$0.1739 \times \sqrt{B_{P1}} = KQ^{1/4} \times J^{-1}$$

Setelah nilai dari  $KQ^{1/4} \times J^{-1}$  didapat, pembacaan diagrampun bisa dilakukan, dengan menggunakan acuan nilai tersebut. Untuk tipe propeller B3-35 sampai dengan B6-95, diagram tersebut sudah tersedia pada buku Principles of Naval Architecture (Lewis, 1988). Hasil dari pembacaan diagram BP adalah akan didapatkannya nilai dari  $1/J_0$  dan nilai dari  $P/DO$ . Nilai dari  $1/J_0$  digunakan untuk menghitung koefisien advance ( $\delta_0$ ) yang nantinya nilai dari  $\delta_0$  itu sendiri akan digunakan untuk menghitung diameter optimum ( $D_0$ ) menggunakan rumus dibawah ini:

$$\delta_0 = (1/J_0)/0.009875$$



Gambar 4.11 Pembacaan Diagram Bp1

#### 4.5.4. Menentukan Nilai Diameter Maksimal ( $D_B$ )

$D_B$  adalah nilai diameter maksimal dari propeller yang dirancang. Besarnya nilai  $D_B$  tergantung dari jumlah propeller yang digunakan dalam sistem penggerak kapal yang dirancang. Menurut buku Marine Propeller And Propulsion (Carlton, 2007)

$$D_B = 0.95 \times D_O \quad (\text{Single screw propeller})$$

$$D_B = 0.97 \times D_O \quad (\text{Twin screw propeller})$$

Setelah mendapatkan nilai dari  $D_B$ , maka dilakukan pengecekan terhadap masing-masing tipe propeller yang diuji, apakah  $D_B < D_{maks}$ . Jika ternyata  $D_B < D_{maks}$ , maka propeller tersebut terpenuhi untuk bisa dipakai sampai langkah ini.

#### 4.5.5. Menentukan Nilai $\Delta B$

$\delta B$  adalah koefisien advance yang didapatkan melalui perhitungan kembali terhadap nilai-nilai yang sudah didapatkan sebelumnya. Nilai  $\delta B$  ini akan digunakan untuk mencari nilai dari  $1/JB$ , yang nantinya akan digunakan kembali untuk membaca diagram BP2 untuk mencari nilai  $P/DB$  dan efisiensi dari tiap-tiap tipe propeller yang dihitung.

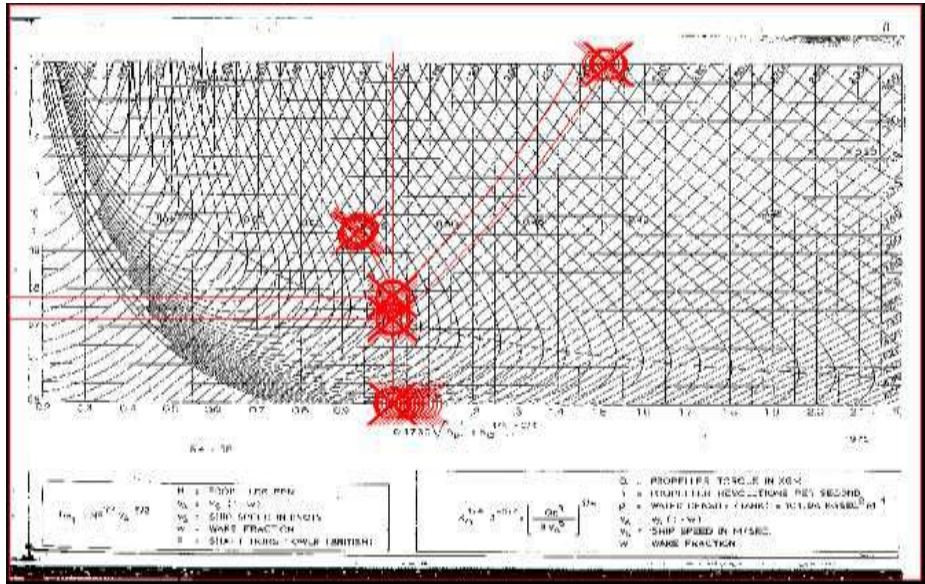
$$\Delta B = (N_{\text{propeller}} \times D_B) / VA$$

$$1/JB = \delta B \times 0.009875$$

#### 4.5.6. Pembacaan Diagram BP2

Dalam pembacaan pada diagram BP2 sebenarnya sama saja dengan pembacaan diagram BP1, hanya saja dalam pembacaan diagram kali ini menggunakan acuan  $1/JB$ . Diketahui nilai dari  $P/DB$  dan nilai efisiensi untuk tiap-tiap propeller yang dihitung dari pembacaan diagram tersebut.





Gambar 4.12 Pembacaan Diagram Bp 2

#### 4.5.7. Perhitungan Resiko Kavitasi

Kavitasi adalah peristiwa munculnya gelembung-gelembung uap air pada permukaan daun propeller yang mana disebabkan oleh perbedaan tekanan yang besar antara back dan face dari daun propeller. Peristiwa kavitasi ini sangat merugikan bagi propeller, dikarenakan gelembung-gelembung uap air yang muncul sangat merugikan, karena dapat menimbulkan korosi dan mengikis permukaan daun propeller. Jika itu semua terjadi, maka efisiensi dari propeller akan menurun dikarenakan kerusakan pada propeller itu sendiri.

Perhitungan kavitasi sangat perlu dilakukan, dikarenakan untuk memastikan propeller yang digunakan tidak terkena kavitasi sehingga terbebas dari kerusakan yang disebabkan oleh kavitasi itu sendiri. Dalam perhitungan kali akan menggunakan buku Principles of Naval Architecture (Lewis, 1988):

##### 4.5.7.1 Menentukan $A_0$ (Luasan Optimum), $AE/A_0$ , $AE$

$A_0$  adalah luasan optimum dari propeller. Rumus untuk mencari luasan optimum sama seperti mencari luas dari suatu lingkaran . yaitu :

$$A_o = 1/4 \times \pi \times D_b^2$$

$A_E/A_o$  adalah perbandingan luasan permukaan daun propeller dengan luasan optimum dari propeller itu sendiri. Nilai dari  $A_E/A_o$  sudah dapat diketahui dari tipe propeller itu sendiri, berhubung tipe propeller yang dipakai adalah B3-35, maka nilai dari  $A_E/A_o$  adalah 0,35.

$A_E$  adalah luasan permukaan daun propeller. Nilai  $A_E$  dapat diketahui melalui persamaan berikut :

$$A_E = A_o \times (A_e/A_o)$$

#### 4.5.7.2 Menentukan Nilai $A_P$ , $V_R^2$ , $T$ , $\tau_{cal}$

Didalam buku Principles of Naval Architecture (Lewis, 1988) telah diberikan rumus untuk mencari nilai dari  $A_P$  yang nantinya akan digunakan untuk perhitungan  $\sigma_{0,7R}$ .

$$A_P = A_D \times (1,067 - 0,229(P/D))$$

$V_R$  adalah relative velocity, yang mana nilai dari  $V_R$  akan digunakan untuk perhitungan  $\tau_c$ . Rumus untuk mencari  $V_R$  didapat dari buku Principles of Naval Architecture (Lewis, 1988).

$$V_R^2 = V_a^2 + (0,7 \times \pi \times N \times D_b)^2$$

$T$  adalah thrust dalam kN. Nilai  $T$  bisa didapatkan dari kalkulasi EHP maupun DHP seperti dalam buku Principles of Naval Architecture (Lewis, 1988). Dalam perhitungan ini digunakan dari kalkulasi EHP, yaitu :

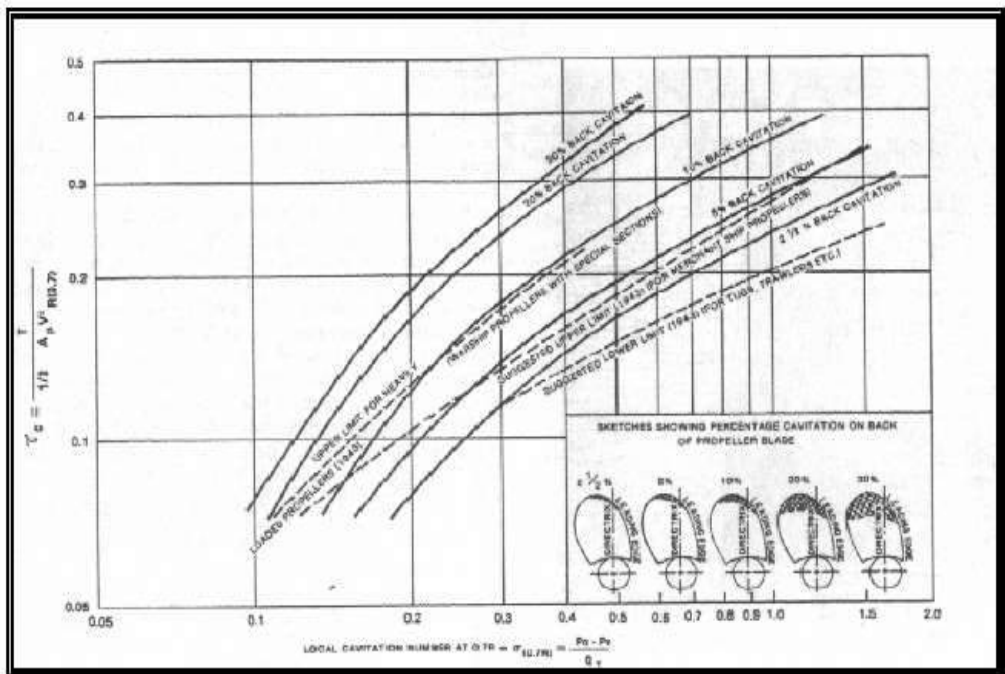
$$T = EHP/(1-t)V_s$$

$\tau_{cal}$  adalah nilai yang menentukan propeller yang digunakan mengalami kavitasi atau tidak. Dalam buku Principles of Naval Architecture (Lewis, 1988) diberikan rumus untuk mencari nilai dari  $\tau_{cal}$  sebagai berikut :

$$\tau_{ccal} = (T) / (0,5 \times \rho \times V_R^2)$$

#### 4.5.7.3. Menentukan Nilai $\sigma_{0,7R}$

Nilai  $\sigma_{0,7R}$  akan digunakan untuk pembacaan pada diagram Burril yang terdapat pada buku Principles of Naval Architecture (Lewis, 1988) untuk mengetahui nilai  $\tau_c$  yang didapat dari diagram. Cara untuk membaca diagram Burril adalah dengan memasukkan nilai dari  $\sigma_{0,7R}$ , lalu tarik garis vertikal keatas sampai memotong garis putus-putus yang kedua (suggested upper limit for merchant ship propeller). Dari perpotongan tersebut, tarik garis horizontal kekiri untuk mendapatkan nilai  $\tau_c$ .



Gambar 4.13 Simple Cavitation Diagram, Lewis (Burril, et al, 1943, 1962-63)

Setelah didapatkannya nilai  $\tau_c$  dari diagram Burril, maka langkah selanjutnya ialah dilakukan perbandingan antara  $\tau_c$  dengan  $\tau_{ccal}$ . Apabila  $\tau_{ccal} < \tau_c$ , maka dapat dikatakan propeller tersebut tidak terkena kavitasi.

#### 4.5.7.4. Kesimpulan Hasil Perhitungan

Dari perhitungan yang dilakukan maka didapatkan beberapa propeller yang bisa dipilih dan dilakukan Analisa Engine Propeller Matching sesuai dengan kriteria yang telah ditentukan :

1. Diameter tidak melebihi batas maksimum yang telah ditentukan
2. Tidak terjadi kavitasi
3. Memiliki efisiensi yang tinggi

Adapun tipe propeller yang memenuhi persyaratan / kriteria seperti diatas akan ditunjukan oleh tabel dibawah ini :

No	Type	Diameter(m)	N(rpm)	P/Db	$\eta_b$	Ae/Ao	1/j	Z
1	B3-35	0.844	1189.58	0.9500	0.7300	0.3500	13.2960	3
2	B3-50	0.859	1189.58	0.9400	0.7090	0.5000	13.5360	4
3	B4-85	0.7799964	1189.58	1.0850	0.6800	0.8500	12.2880	4
4	B5-75	0.7678089	1189.58	1.0800	0.6900	0.7500	12.0960	5
5	B5-90	0.7617152	1189.58	1.1100	0.6890	0.9000	12.0000	5
6	B5-105	0.743434	1189.58	1.1700	0.6750	1.0500	11.7120	5
7	B6-80	0.7464809	1189.58	1.1400	0.6950	0.8000	11.7600	6
8	B6-95	0.7312466	1189.58	1.1800	0.6900	0.9500	11.5200	6

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Pemilihan Propeller

#### 4.6. Engine Propeller Matching

Engine Propeller Matching merupakan tahapan dimana proses pencocokkan korelasi antara badan kapal, main engine dan propeller. Dalam bab ini akan dilakukan pemeriksaan korelasi antara tiga komponen propulsion yaitu badan kapal, main engine dan propeller. Pemeriksaan ini dilakukan untuk memastikan bahwa sistem propulsion yang dirancang dapat berjalan sesuai keinginan, dengan cara melihat kurva batas daerah kerja mesin yang didapat dari project guide engine yang telah dipilih.

#### 4.6.1. Tahanan kapal dan Kecepatan service

Yakni gaya hambat dari media fluida yang dilalui oleh kapal saat beroperasi dengan kecepatan tertentu. Dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Tahanan total (Rt)} = 0,5 \times \rho \times S \times V_s^2 \times C_t$$

#### 4.6.2. Gaya Dorong Kapal (Tship)

Gaya ini digunakan untuk mengatasi tahanan yang terjadi pada kapal.

$$T = R / (1 - t) = \alpha \times V_s^2 / (1 - t)$$

$$T_{\text{ship}} = \alpha \times V_a^2 / (1 - t)(1 - w)^2$$

#### 4.6.3. Karakteristik Baling-baling Kapal

Secara umum karakteristik dari baling – baling kapal pada kondisi *Open Water Test* adalah seperti dipersentasikan pada  $KQ - KT - J$ . Setiap tipe dari masing – masing baling – baling kapal, memiliki karakteristik kurva kinerja yang berbeda – beda. Dalam hal ini bisa dijelaskan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$KT = T_{\text{prop}} / \rho n^2 D^4$$

$$KQ = Q_{\text{prop}} / \rho n^2 D^5$$

$$J = V_a / n D$$

$$\eta_o = J \times KT / 2\pi \times KQ$$

#### 4.6.4. Perhitungan $KT/J^2$

Untuk mendapatkan efisiensi *Open Water Test* dari propeller pada operating condition yang berbeda-beda, terlebih dahulu harus membuat kurva  $Kt/J^2$ , untuk  $J$  yang bervariasi.

$$KT = \beta \times J^2$$

Sebelumnya kita harus mendapatkan nilai  $\alpha$  pada kondisi trial maupun service. Baru didapatkan nilai  $\alpha$  di tiap kondisi baik trial maupun service.

$$\alpha_{\text{trial}} = R_{\text{t trial}} / V_s^2$$

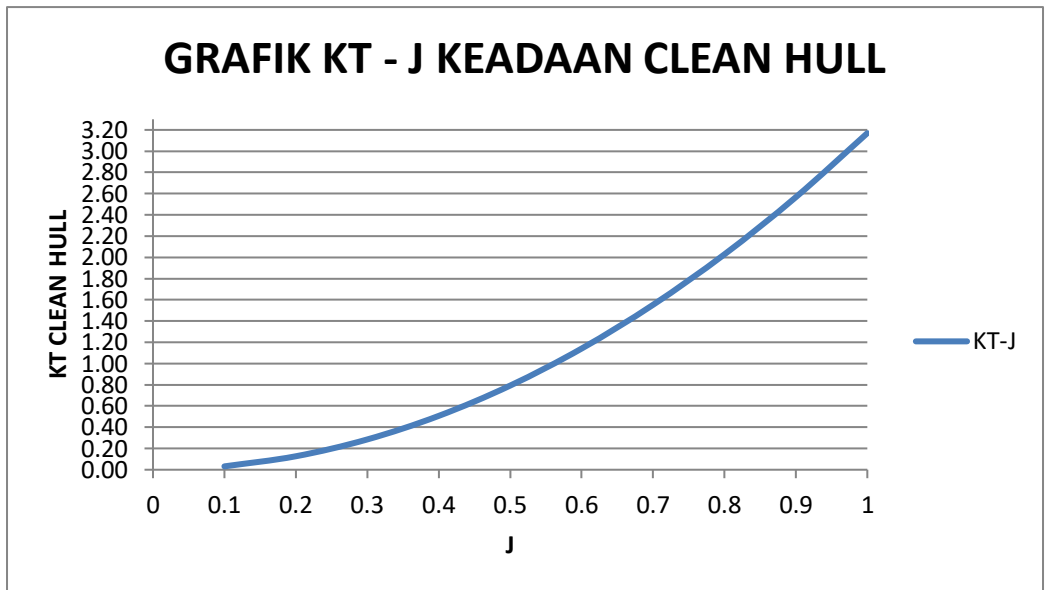
$$\alpha_{\text{service}} = R_{\text{t service}} / V_s^2$$

$$\beta_{\text{trial}} = \alpha_{\text{trial}} / (1-t)(1-w)^2 \rho_{\text{Db}}$$

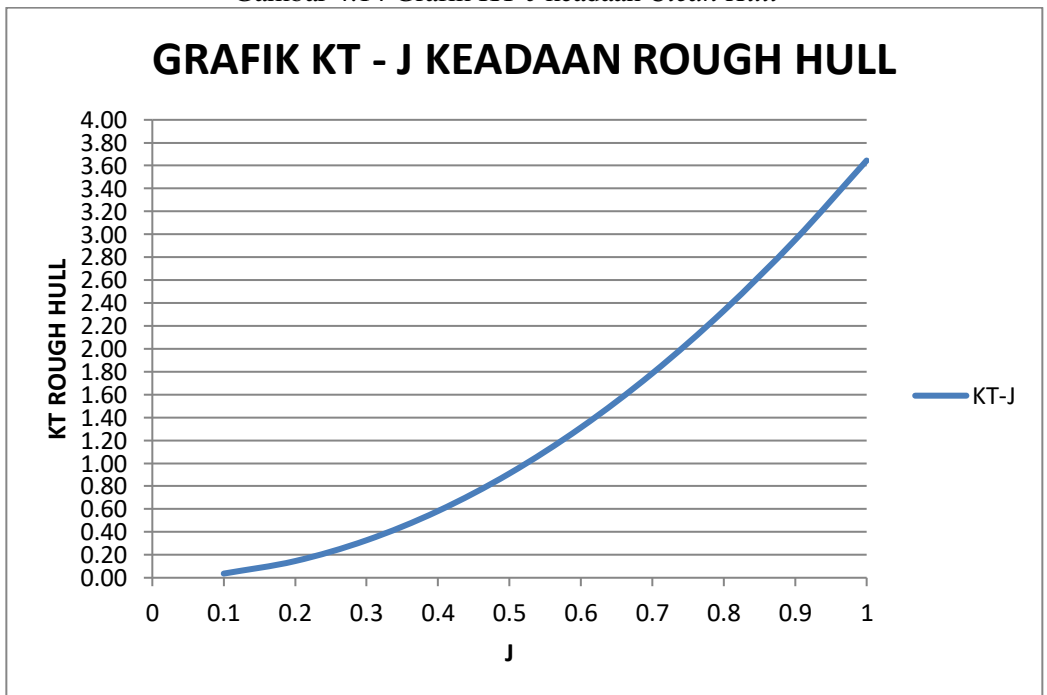
$$\beta_{\text{service}} = \alpha_{\text{service}} / (1-t)(1-w)^2 \rho_{\text{Db}}$$

Sehingga didapatkan nilai KT untuk tiap – tiap variasi J pada Kondisi trial dan service dapat ditunjukkan dengan tabel dibawah ini.

<b>J</b>	<b>J<sup>2</sup></b>	<b>KT<sub>trial</sub></b>	<b>KT<sub>service</sub></b>
0.1	0	0.03169	0.03645
0.2	0.01	0.12677	0.14579
0.3	0.04	0.28523	0.32802
0.4	0.09	0.50707	0.58314
0.5	0.16	0.79232	0.91116
0.6	0.25	1.14093	1.31207
0.7	0.36	1.55294	1.78588
0.8	0.49	2.02833	2.33258
0.9	0.64	2.56710	2.95217
1	0.81	03.16926	3.64465

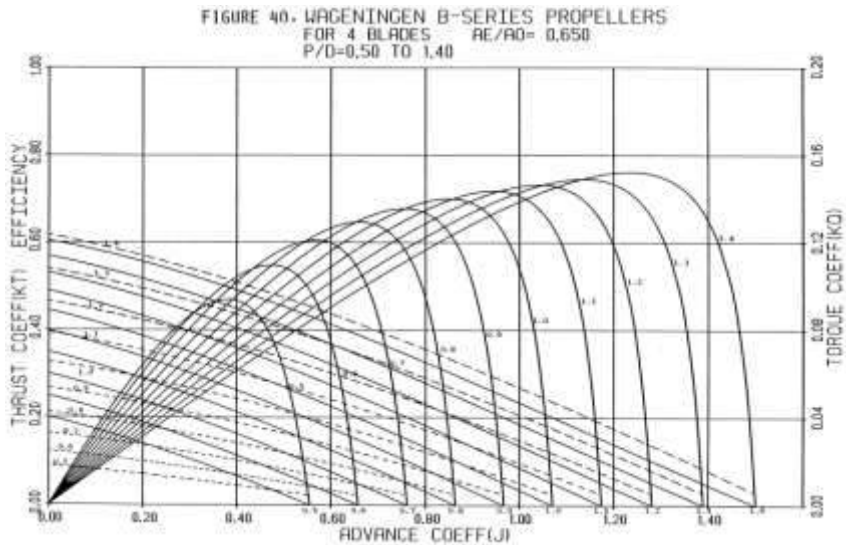


Gambar 4.14 Grafik KT-J keadaan *Clean Hull*



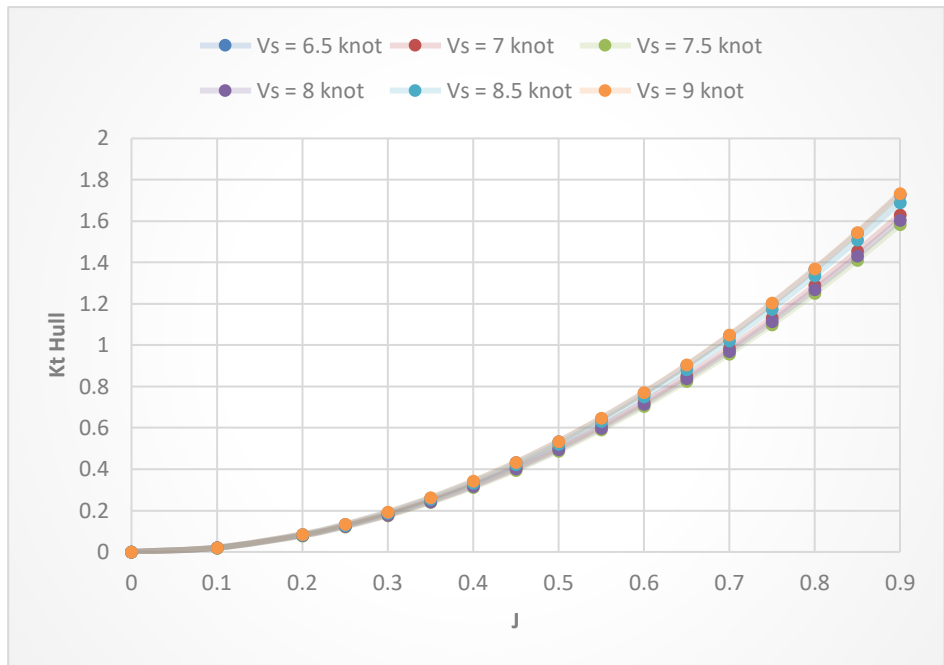
Gambar 4.15 Grafik KT-J keadaan *Rough Hull*

Gaya dorong yang dihasilkan propeller ( $T_{Prop}$ ) harus sama dengan gaya dorong dibutuhkan badan kapal ( $T_{Hull}$ ) agar kapal dapat melaju pada  $V_s$  yang ditentukan.  $T_{Prop}$  sama dengan  $T_{Hull}$  bila koefisien gaya dorong propeller ( $K_{tProp}$ ) sama dengan koefisien gaya dorong yang dibutuhkan badan kapal ( $K_{tHull}$ ). Kurva  $K_{tHull}$  vs  $J$  diplotkan ke dalam diagram open water diagram dari propeller.



Gambar 4.16 Contoh diagram open water propeller dari propeller Wageningen (Bernitsas et al, 1981)





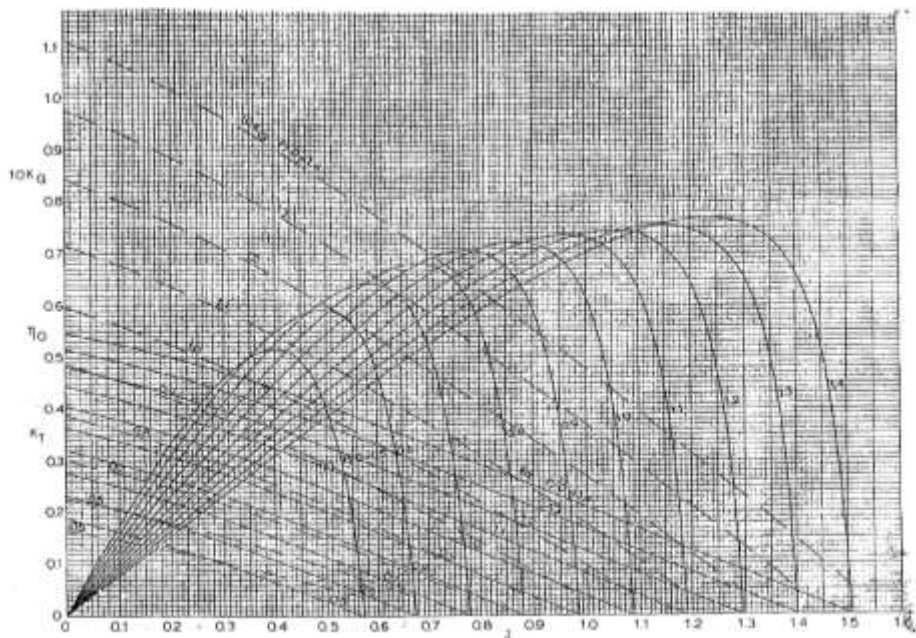
Gambar 4.17 Kurva KtHull vs J pada berbagai Vs

#### 4.6.5. Pemilihan Tipe Propeller

Dalam pemilihan propeller yang memenuhi kriteria dan kecocokan dengan engine dilakukan dengan cara memvariasikan P/D kemudian diplotkan dengan kurva *open water test* sehingga didapatkan data KT, KQ, J, dan  $\eta$  pada tipe propeller B3-35 dan B4-85.

B3-35			
P/Db	0.950		
J	KT	10 KQ	$\eta_b$
0.1	0.251	0.435	0.092
0.2	0.224	0.409	0.174
0.3	0.200	0.381	0.251
0.4	0.178	0.349	0.324
0.5	0.155	0.315	0.391
0.6	0.131	0.277	0.452
0.7	0.107	0.235	0.505
0.8	0.081	0.189	0.548

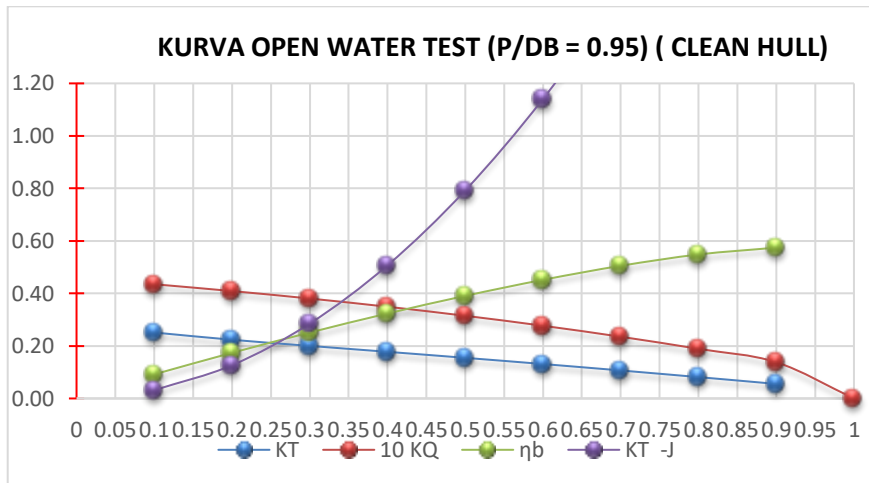
0.9	0.055	0.138	0.574
1	0.029	0.0000	0.558
<b>B4-85</b>			
<b>P/Db</b>	<b>1.085</b>		
<b>J</b>	<b>KT</b>	<b>10 KQ</b>	<b><math>\eta_b</math></b>
0.1	0.477	0.808	0.094
0.2	0.437	0.753	0.185
0.3	0.395	0.692	0.273
0.4	0.351	0.626	0.357
0.5	0.306	0.555	0.438
0.6	0.259	0.480	0.514
0.7	0.211	0.403	0.582
0.8	0.162	0.324	0.636
0.9	0.113	0.245	0.664
1	0.066	0.0000	0.631



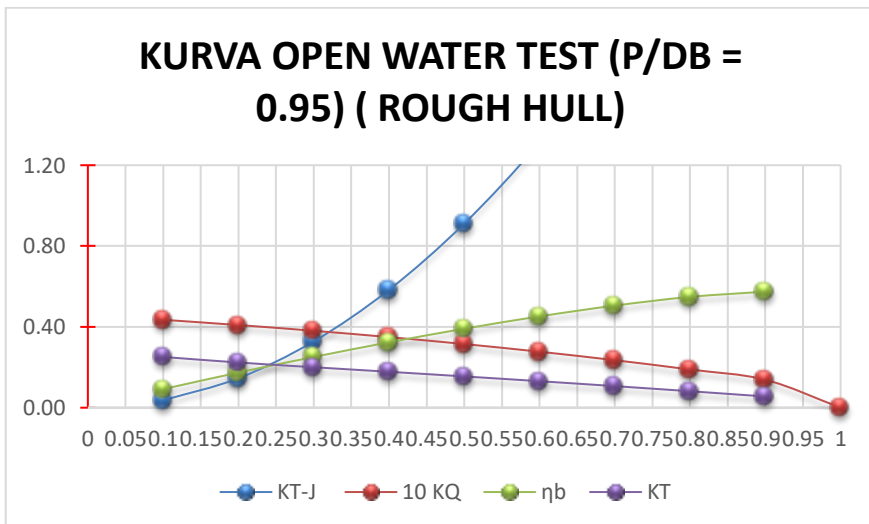
Gambar 4.18 Grafik  $KT, KQ$ , Dan Efisiensi B3-35

#### 4.6.6. Penggambaran Grafik Open Water pada $K_T$ -Trial dan $K_T$ -Service

Dari kurva didapatkan perpotongan  $K_T$  clean hull ( $K_T$ -Trial) dengan  $K_T$  propeller, sehingga didapat harga  $J$  dan dari perpotongan tersebut membuat garis vertikal untuk mendapatkan nilai  $K_T$ ,  $10KQ$  dan efisiensi. Untuk  $K_T$ -Service memiliki cara yang sama seperti langkah-langkah  $K_T$  trial.



Gambar 4.19 kurva  $K_T$ ,  $KQ$ ,  $J$ , Effisiensi,  $K_T - J$ , Pada Kondisi *Clean Hull* (Trial)



Gambar 4.20 Kurva  $K_T$ ,  $KQ$ ,  $J$ , Effisiensi,  $K_T - J$ , Pada Kondisi *Rough Hull* (Service)

#### 4.6.7. Perhitungan Power pada Kondisi Trial dan Service

Perhitungan besarnya power pada setiap variasi putaran yang dihasilkan engine untuk menghasilkan gaya dorong kapal pada saat trial ataupun service, dengan menggunakan nilai J yang didapat saat trial dan service, maka akan didapatkan nilai RPM trial dan RPM service. Sebagai berikut :

$$N_{\text{trial}} = V_a / (J \times D) \text{ rps}$$

$$N_{\text{service}} = V_a / (J \times D) \text{ rps}$$

Lalu dari hasil yang didapat ini, mencari prediksi kecepatan pwer dimasing-masing kondisi, baik trial maupun service. Dimana prediksi power dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Q = K_Q \times \rho \times D b^5 \times n^2$$

$$PD = Q \times n \times 2\pi$$

$$SHP = DHP / \eta_s$$

$$BHP = SHP / \eta_G$$

Mesin n (%)	Mesin n (RPM)	Propeller		Q (Nm)	DHP (kW)	SHP (kW)	BHP	% BHP
		n (rpm)	n (rps)	$K_Q r n^2 D^5$	$(2 \pi Q n)$	$DHP / \eta_s \eta_h$	(kW)	
0%	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
5%	127.5	33.06	0.55	5.33	0.02	0.02	0.02	0.01%
10%	255.0	66.11	1.10	21.32	0.15	0.15	0.15	0.09%
15%	382.5	99.17	1.65	47.96	0.50	0.51	0.52	0.31%
20%	510.0	132.23	2.20	85.27	1.18	1.21	1.23	0.72%
25%	637.5	165.28	2.75	133.23	2.31	2.35	2.40	1.41%
30%	765.0	198.34	3.31	191.85	3.99	4.07	4.15	2.44%
35%	892.5	231.40	3.86	261.13	6.33	6.46	6.59	3.88%
40%	1020.0	264.45	4.41	341.07	9.45	9.64	9.84	5.79%
45%	1147.5	297.51	4.96	431.67	13.45	13.73	14.01	8.24%
50%	1275.0	330.57	5.51	532.92	18.46	18.83	19.22	11.30%
55%	1402.5	363.62	6.06	644.84	24.56	25.07	25.58	15.05%
60%	1530.0	396.68	6.61	767.41	31.89	32.54	33.21	19.53%
65%	1657.5	429.74	7.16	900.64	40.55	41.37	42.22	24.83%
70%	1785.0	462.79	7.71	1044.53	50.64	51.68	52.73	31.02%
75%	1912.5	495.85	8.26	1199.08	62.29	63.56	64.86	38.15%
80%	2040.0	528.91	8.82	1364.28	75.59	77.14	78.71	46.30%
82%	2091.0	542.13	9.04	1433.35	81.41	83.07	84.76	49.86%
84%	2142.0	555.35	9.26	1504.12	87.51	89.30	91.12	53.60%
86%	2193.0	568.58	9.48	1576.60	93.91	95.83	97.78	57.52%
88%	2244.0	581.80	9.70	1650.78	100.62	102.67	104.76	61.63%
90%	2295.0	595.02	9.92	1726.67	107.63	109.83	112.07	65.92%
91%	2320.5	601.63	10.03	1765.25	111.26	113.53	115.85	68.15%
92%	2346.0	608.24	10.14	1804.26	114.97	117.32	119.71	70.42%
93%	2371.5	614.86	10.25	1843.70	118.76	121.18	123.66	72.74%
94%	2397.0	621.47	10.36	1883.56	122.63	125.13	127.69	75.11%
95%	2422.5	628.08	10.47	1923.9	126.59	129.17	131.81	77.53%
96%	2448.0	634.69	10.58	1964.6	130.63	133.29	136.01	80.01%
97%	2473.5	641.30	10.69	2005.7	134.75	137.50	140.31	82.53%
98%	2499.0	647.91	10.80	2047.3	138.96	141.80	144.69	85.11%
99%	2524.5	654.52	10.91	2089.3	143.26	146.18	149.17	87.75%
100%	2550.0	661.14	11.02	2131.7	147.64	150.66	153.73	90.43%

Tabel 4.6 *Power Prediction Kondisi Clean Hull (Trial)*

Mesin n (%)	Mesin n (RPM)	Propeller		Q (Nm)	DHP (kW)	SHP (kW)	BHP	% BHP
		n (rpm)	n (rps)	$KQ r n^2 D^5$	$(2 \pi Q n)$	$DHP / \eta s \eta b$	(kW)	
0%	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
5%	127.5	33.06	0.55	5.60	0.02	0.02	0.02	0.01%
10%	255.0	66.11	1.10	22.38	0.16	0.16	0.16	0.09%
15%	382.5	99.17	1.65	50.36	0.52	0.53	0.54	0.32%
20%	510.0	132.23	2.20	89.53	1.24	1.27	1.29	0.76%
25%	637.5	165.28	2.75	139.89	2.42	2.47	2.52	1.48%
30%	765.0	198.34	3.31	201.44	4.19	4.27	4.36	2.56%
35%	892.5	231.40	3.86	274.19	6.65	6.78	6.92	4.07%
40%	1020.0	264.45	4.41	358.12	9.92	10.12	10.33	6.08%
45%	1147.5	297.51	4.96	453.25	14.13	14.42	14.71	8.65%
50%	1275.0	330.57	5.51	559.57	19.38	19.77	20.18	11.87%
55%	1402.5	363.62	6.06	677.08	25.79	26.32	26.86	15.80%
60%	1530.0	396.68	6.61	805.78	33.49	34.17	34.87	20.51%
65%	1657.5	429.74	7.16	945.67	42.57	43.44	44.33	26.08%
70%	1785.0	462.79	7.71	1096.76	53.17	54.26	55.37	32.57%
75%	1912.5	495.85	8.26	1259.03	65.40	66.74	68.10	40.06%
80%	2040.0	528.91	8.82	1432.50	79.37	80.99	82.65	48.62%
82%	2091.0	542.13	9.04	1505.02	85.48	87.22	89.00	52.35%
84%	2142.0	555.35	9.26	1579.33	91.89	93.76	95.67	56.28%
86%	2193.0	568.58	9.48	1655.43	98.61	100.62	102.67	60.40%
88%	2244.0	581.80	9.70	1733.32	105.65	107.80	110.00	64.71%
90%	2295.0	595.02	9.92	1813.00	113.01	115.32	117.67	69.22%
91%	2320.5	601.63	10.03	1853.52	116.82	119.21	121.64	71.55%
92%	2346.0	608.24	10.14	1894.48	120.72	123.18	125.70	73.94%
93%	2371.5	614.86	10.25	1935.89	124.70	127.24	129.84	76.38%
94%	2397.0	621.47	10.36	1977.7	128.76	131.39	134.07	78.87%
95%	2422.5	628.08	10.47	2020.0	132.92	135.63	138.40	81.41%
96%	2448.0	634.69	10.58	2062.8	137.16	139.96	142.81	84.01%
97%	2473.5	641.30	10.69	2106.0	141.49	144.38	147.32	86.66%
98%	2499.0	647.91	10.80	2149.6	145.91	148.89	151.93	89.37%
99%	2524.5	654.52	10.91	2193.7	150.42	153.49	156.62	92.13%
100%	2550.0	661.14	11.02	2238.3	155.03	158.19	161.42	94.95%

Tabel 4.7 Power Prediction Kondisi Rough Hull (Service)

#### 4.6.7.1. Diameter Poros

Di dalam perencanaan poros untuk sistem permesinan kapal, maka poros transmisi harus memerlukan pertimbangan tertentu. Sebab poros di dalam sistem permesinan kapal mendapat beban puntir murni atau puntir lentur, memerlukan batas tegangan tarik tertentu, dan material khusus yang

tahan korosi. Selain itu juga pertimbangan mengenai dimensi-dimensi poros seperti diameter minimum, panjang, dan lain sebagainya.

Dalam perencanaan diameter poros yang digunakan sebagai acuan pembuatan bos propeller maka dapat menggunakan menurut diameter seal yang terdapat pada pasar. Berdasarkan buku Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin karangan Ir.Sularso, MSME Halaman 8, besarnya diameter poros dihitung dengan rumusan sebagai berikut :

$$Ds = \sqrt[3]{\frac{5,1}{\tau a} \times K_t \times C_b \times T} = 115 \text{ mm}/4.52 \text{ Inch}$$

Keterangan :

- Ds = Diameter poros (mm)
- $\tau a$  = Tegangan geser yang diijinkan (Kg/mm<sup>2</sup>)
- Kt = Faktor Konsentrasi Tegangan
- Cb = Faktor Beban Lentur
- T = Momen puntir rencana (kg mm)

#### 4.6.7.2. Daya Perencanaan Poros

$$P_w = f_c \times \text{SHP} \quad \text{kW}$$

Keterangan :

$f_c$  = Faktor Koreksi Daya

a.  $f_c$  = 1.2 - 2.0 (Daya Rata - Rata)

b.  $f_c$  = 0.8 - 1.2 (Daya Maksimum)

c.  $f_c$  = 1.0 - 1.5 (Daya normal)

$f_c$  = 2

SHP = 89 kW

$P_w$  = 178 kW

#### 4.6.7.3. Momen Puntir

$$T = 9,74 \times 10^5 \times \frac{P_w}{n} = 145,813 \text{ kg.mm}$$

Keterangan :

$P_w$  = Daya Perencanaan Poros (kW)

n = Putaran propeller (Rpm) 1189 Rpm

#### 4.6.7.4. Tegangan Geser

$$T_a = \frac{\sigma b}{Sf_1 \times Sf_2} = 3,39 \text{ kg/mm}^2$$

Keterangan :

Faktor keamanan sf1 = 6 (material baja)

Faktor keamanan sf2 = 3

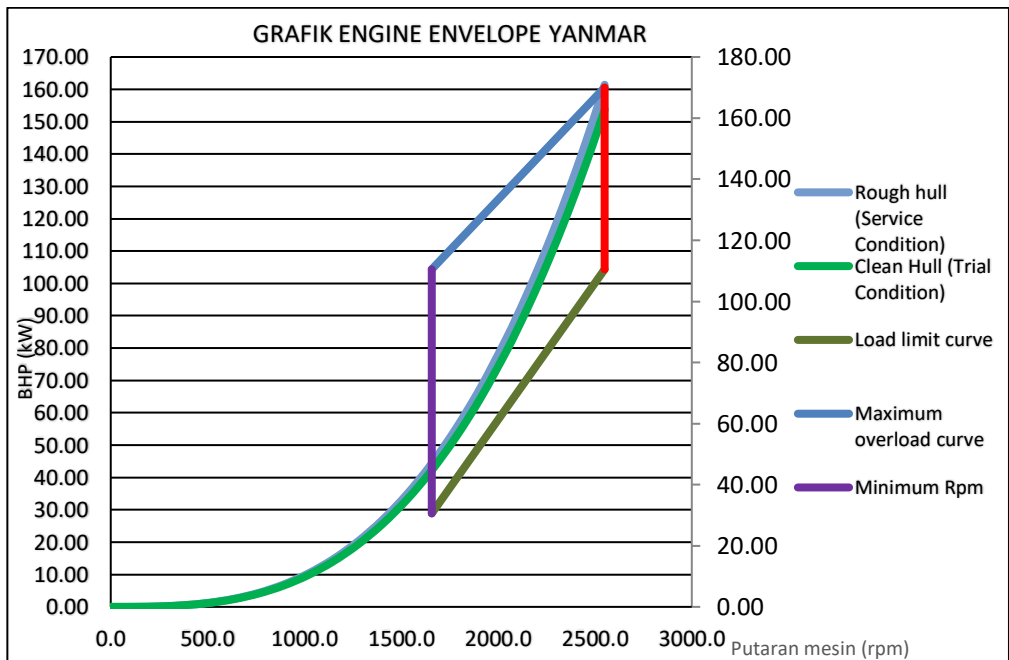
Bahan poros yang digunakan = 61 kg/mm<sup>2</sup>

Faktor keterangan tegangan yang diambil Kt = 3

Faktor Beban lentur Cb = 2.3 (mengalami lenturan)

#### 4.6.8. Engine Matching Point

Matching point merupakan suatu titik operasi dari putaran motor penggerak kapal (engine speed) yang sedemikian hingga tepat (match) dengan beban propeller. Adapun grafik dari engine propeller matching antara mesin YANMAR dan propeller B3-35 sebagai berikut:



Gambar 4.21 Grafik *Engine Envelope* YANMAR dan Propeller B3-35 dan B4-85





- Direct injection, heat exchanger cooling.
- Turbocharger + intercooler.
- Durable hydraulic marine gear.
- 6CH-WUTE conform to IMO Tier II emissions regulations.

#### Specifications

Model	6CH-HTE3	6CH-WUTE
Number of cylinders	6 in-line	
Bore × stroke	mm 125 × 135	
Displacement	L 6.424	
Rated output	M : 125/170/2350 L : 140/190/2500	M : 188/255/2550 L : 206/280/2500
Combustion system	Direct injection	
Aspiration	Turbocharger + intercooler	
Starting system	Electric starting motor (24V 4.0kW)	
Cooling system	Heat exchanger	
Marine gear	Hydraulic	
Size of flywheel housing and flywheel	SAE #3 and 11-1/2 in.	
Dry flange bolt circle pitch	in 8.25	
Dimensions L × W × H	mm 1575 × 735 × 1095	1800 × 735 × 1111

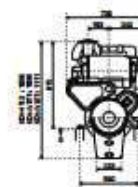
#### Marine gear specifications

Engine model : 6CH-HTE3, 6CH-WUTE	
Model	YK-71
Type	Hydraulic multi-disc clutch, wet type
Reduction ratio (overall)	2.07 3.58 3.91 3.53
Direction of rotation (propeller shaft)	Clock-wise or counter-clock-wise viewed from stern
Dry weight	kg 230

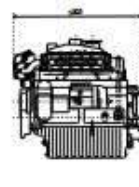
**YANMAR**

#### Dimensions (mm)

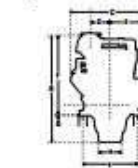
Engine only / Front view



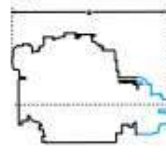
Engine only / Left side view



With gearbox / Front view



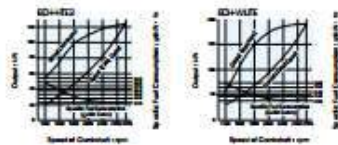
With gearbox / Left side view



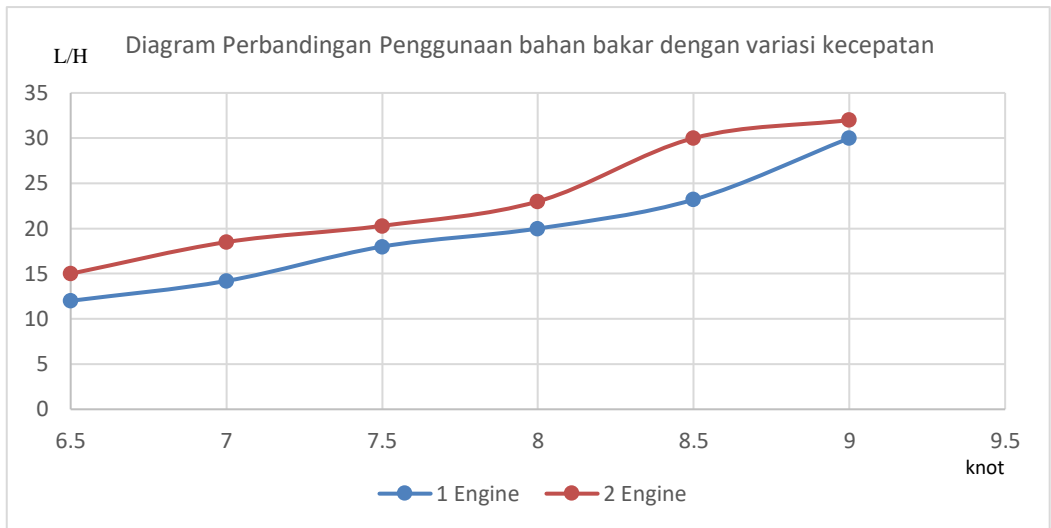
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
6CH-HTE3 X YK-71	500	1090	735	190	340	815	3	230	550
6CH-WUTE X YK-71	500	1111	735	190	340	815	3	230	550

— Marine gear

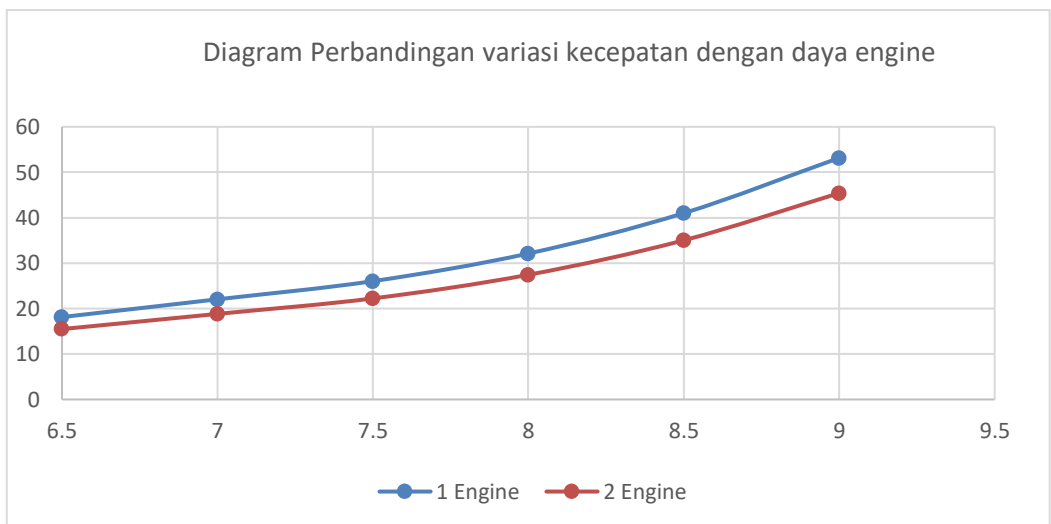
#### Performance curves



Gambar 4.22 Katalog Engine YANMAR 6CH-HTE3/WUTE



Gambar 4.23 Diagram Perbandingan Penggunaan bahan bakar dengan variasi kecepatan



Gambar 4.24 Diagram Perbandingan variasi kecepatan dengan daya engine

## 4.7 Analisa Perhitungan Nilai Ekonomis Sistem Propulsi

### 4.7.1. Perhitungan Biaya Investasi

Perhitungan biaya investasi (BI) mencakup biaya pembelian dan biaya instalasi dari mesin induk, *gearbox*, PPN 10%, *Scope of supply package per Engine, Engine Commissioning (Start up)*, Jaminan Garansi 12 bulan atau 3000 operation hours atau 18 bulan setelah pengiriman barang (mana yang lebih dulu tercapai), *shaftline system*. Biaya investasi untuk masing-masing komponen tersebut disajikan dalam Tabel berikut :

BIAYA INVESTASI PERENCANAAN 1 ENGINE	HARGA
MAIN ENGINE+GEARBOX 6CH-HTE3 170 hp (125 kW) marine gear model YX-71	IDR 440,000,000.00
SHAFT LINE SYSTEM As STST SUS 6" ITALY	IDR 48,000,000.00
PROPELLER 3 Daun, uk 844 mm manganese bronze (BKI CENT)	IDR 75,000,000.00
TOTAL	IDR 563,000,000.00

BIAYA INVESTASI PERENCANAAN 2 ENGINE	HARGA
MAIN ENGINE+GEARBOX 6CHE3 115 hp (84.6 kW) marine gear model YX-30	IDR 704,000,000.00
SHAFT LINE SYSTEM As STST SUS 6" ITALY	IDR 48,000,000.00
PROPELLER 4 Daun, uk 844 mm manganese bronze (BKI CENT)	IDR 85,000,000.00
TOTAL	IDR 837,000,000.00

Tabel 4.8 Biaya Investasi Sistem Propulsi Kapal *RoRo Barge*

### 4.7.2 Perhitungan Biaya Operasional

#### 4.7.2.1 Perhitungan Biaya Bahan Bakar

Mesin induk baik pada perencanaan sistem propulsi dengan 1 engine dan 2 engine tergolong *high speed diesel engine* dengan putaran di atas 1000 rpm. Oleh sebab itu, direncanakan bahan bakar yang dipakai adalah minyak solar (HSD). Harga HSD bervariasi di berbagai region di Indonesia (Gambar 4.18). Sebagai acuan, diambil harga HSD pada Region I yakni sebesar Rp 9545,-/liter.

REGION I (West Java, Central Java dan East Java)					
No	PRODUK BBM	HARGA TANPA PAJAK	PPN 10%	PBBKB 5%	HARGA JUAL
1	MINYAK SOLAR ( HSD )	Rp 8,300.00	Rp 830.00	Rp 415.00	Rp 9,545.00
2	MINYAK BAKAR ( MFO )	Rp 5,700.00	Rp 570.00		Rp 6,270.00

REGION II (Kalimantan)					
No	PRODUK BBM	HARGA TANPA PAJAK	PPN 10%	PBBKB 5%	HARGA JUAL
1	MINYAK SOLAR ( HSD )	Rp 8,300.00	Rp 830.00	Rp 415.00	Rp 9,545.00
2	MINYAK BAKAR ( MFO )	Rp 5,800.00	Rp 580.00		Rp 6,380.00

REGION III (Sulawesi, NTB)					
No	PRODUK BBM	HARGA TANPA PAJAK	PPN 10%	PBBKB 5%	HARGA JUAL
1	MINYAK SOLAR ( HSD )	Rp 8,400.00	Rp 840.00	Rp 420.00	Rp 9,660.00
2	MINYAK BAKAR ( MFO )	Rp 5,900.00	Rp 590.00		Rp 6,490.00

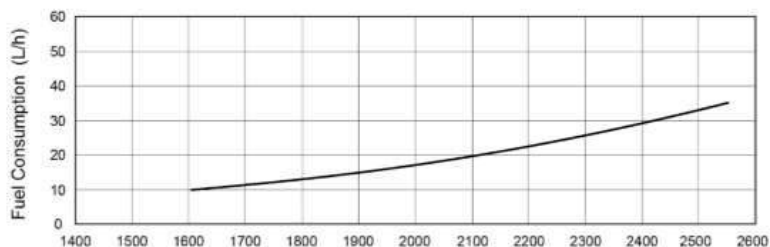
REGION IV (NTT & Sorong)					
No	PRODUK BBM	HARGA TANPA PAJAK	PPN 10%	PBBKB 7.5%	HARGA JUAL
1	MINYAK SOLAR ( HSD )	Rp 8,550.00	Rp 855.00	Rp 641.25	Rp 10,046.25
2	MINYAK BAKAR ( MFO )	Rp 6,050.00	Rp 605.00		Rp 6,655.00

Gambar 4.25 Variasi harga HSD pada berbagai region tahun 2017  
([www.bunkerbmm.co.id](http://www.bunkerbmm.co.id))

Fuel consumption mesin induk, FCME, dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$FCME = \text{required power} \times SFOC \times \text{jam operasional}$$

Akan tetapi, pada tugas akhir ini proses perhitungan bahan bakar mesin induk didukung dengan data performance curve fuel consumption dari engine yang dipilih yaitu sebagai berikut:



Gambar 4.26 Grafik *performance curve fuel consumption*

Dari hasil-hasil analisa unjuk kerja sistem propulsi 1 engine dan 2 engine dapat dihitung biaya konsumsi bahan bakar pada kondisi operasi dengan kecepatan kapal 6.5 knot dengan nilai rpm 1748 dan 1892, dapat

dilihat dari grafik performance curve fuel consumption berapa konsumsi bahan bakar liter/jam berdasarkan rpm engine.

vs	rpm	komponen	FC	Biaya bahan bakar tahun pertama
knot			(liter/tahun)	FC L/H x Rp. 9545,-
6.5	1892	2 main engine	43200	Rp. 412.344.000,00

Tabel 4.9 Biaya bahan bakar sampai tahun pertama pada kondisi operasi kapal dengan 1 Main Engine

vs	rpm	komponen	FC	Biaya bahan bakar tahun pertama
knot			(liter/tahun)	FC L/H x Rp. 9545,-
6.5	1748	1 main engine	34560	Rp. 329.875.200,00

Tabel 4.10 Biaya bahan bakar sampai tahun pertama pada kondisi operasi kapal dengan 2 Main Engine

Dari Tabel 4.9 dan Tabel 4.10, telah diketahui total biaya bahan bakar selama tahun pertama pengoperasian masing-masing sistem propulsi. Dengan penambahan faktor peningkatan harga HSD iF sebesar 2% per tahun (Prasetya et al, 2016), dapat dibuat rencana pembiayaan pengoperasian masing-masing sistem propulsi sampai batas usia kapal RoRo Barge, yakni 30 tahun.

Pada tahun ke-	Biaya bahan bakar 2 engine	Biaya bahan bakar 1 engine	%
0			0.00%
1	IDR 420,590,880.00	IDR 336,472,704.00	2.00%
2	IDR 429,002,697.60	IDR 343,202,158.08	2.00%
3	IDR 437,582,751.55	IDR 350,066,201.24	2.00%
4	IDR 446,334,406.58	IDR 357,067,525.27	2.00%
5	IDR 455,261,094.71	IDR 364,208,875.77	2.00%
6	IDR 464,366,316.61	IDR 371,493,053.29	2.00%
7	IDR 473,653,642.94	IDR 378,922,914.35	2.00%
8	IDR 483,126,715.80	IDR 386,501,372.64	2.00%
9	IDR 492,789,250.12	IDR 394,231,400.09	2.00%
10	IDR 502,645,035.12	IDR 402,116,028.09	2.00%
11	IDR 512,697,935.82	IDR 410,158,348.66	2.00%
12	IDR 522,951,894.54	IDR 418,361,515.63	2.00%
13	IDR 533,410,932.43	IDR 426,728,745.94	2.00%
14	IDR 544,079,151.08	IDR 435,263,320.86	2.00%
15	IDR 554,960,734.10	IDR 443,968,587.28	2.00%
16	IDR 566,059,948.78	IDR 452,847,959.02	2.00%
17	IDR 577,381,147.76	IDR 461,904,918.20	2.00%
18	IDR 588,928,770.71	IDR 471,143,016.57	2.00%
19	IDR 600,707,346.12	IDR 480,565,876.90	2.00%
20	IDR 612,721,493.05	IDR 490,177,194.44	2.00%
21	IDR 624,975,922.91	IDR 499,980,738.33	2.00%
22	IDR 637,475,441.37	IDR 509,980,353.09	2.00%
23	IDR 650,224,950.19	IDR 520,179,960.15	2.00%
24	IDR 663,229,449.20	IDR 530,583,559.36	2.00%
25	IDR 676,494,038.18	IDR 541,195,230.55	2.00%
26	IDR 690,023,918.95	IDR 552,019,135.16	2.00%
27	IDR 703,824,397.32	IDR 563,059,517.86	2.00%
28	IDR 717,900,885.27	IDR 574,320,708.22	2.00%
29	IDR 732,258,902.98	IDR 585,807,122.38	2.00%
30	IDR 746,904,081.04	IDR 597,523,264.83	2.00%

Tabel 4.11 Rencana pembiayaan bahan bakar untuk pengoperasian masing-masing sistem propulsi sampai 30 tahun

Dengan total biaya pada rencana pembiayaan bahan bakar untuk kapal RoRo Barge 2 ME Rp. 17.062.564.132,81 total biaya pada rencana pembiayaan bahan bakar untuk kapal RoRo Barge 1 ME Rp. 13.650.051.306,25 dengan selisih total biaya adalah Rp. 3.412.512.826,56

#### 4.7.2.2. Perhitungan Gaji ABK

Berdasarkan peraturan KM 70 1998 pasal 15 dan 16 persyaratan minimal jumlah jabatan, sertifikat kepelautan, dan jumlah awak kapal bagian dek dan pelayaran di kapal niaga untuk daerah pelayaran local ditentukan untuk kapal tonase kotor GT 500 sampai dengan kurang dari GT 1.500, jumlah awak kapal 9. Akan tetapi pada perencanaan untuk kapal RoRo Barge, ditentukan jumlah awak kapal sebanyak 4 orang, 1 nahkoda, 1 kepala kamar mesin, 2 oiler.

JENIS KAPAL		GAJI & BONUS (JUTA RUPIAH)	
		ABK	KAPTEN
1	LCT	4	7
2	TUGBOAT	5.5	10
3	TANKER	6.5	11
4	FERRY	6	9,5
5	PELNI	8	15
6	CARGO	4,5	8
7	OFFSHORE	20	38
8	DAGANG	15	31
9	PESIR	35	70

Tabel 4.12 Gaji ABK sesuai dengan jenis kapal

Sumber: <http://www.pelaut-indonesia.com/2017/08/gaji-pelayaran-di-indonesia-sangat-mengharuhkan.html>

Pada tahun ke-	GAJI	%
0		0.00
1	IDR 21,420,000.00	2.00%
2	IDR 21,848,400.00	2.00%
3	IDR 22,285,368.00	2.00%
4	IDR 22,731,075.36	2.00%
5	IDR 23,185,696.87	2.00%
6	IDR 23,649,410.80	2.00%
7	IDR 24,122,399.02	2.00%
8	IDR 24,604,847.00	2.00%
9	IDR 25,096,943.94	2.00%
10	IDR 25,598,882.82	2.00%
11	IDR 26,110,860.48	2.00%
12	IDR 26,633,077.69	2.00%
13	IDR 27,165,739.24	2.00%
14	IDR 27,709,054.02	2.00%
15	IDR 28,263,235.10	2.00%
16	IDR 28,828,499.81	2.00%
17	IDR 29,405,069.80	2.00%
18	IDR 29,993,171.20	2.00%
19	IDR 30,593,034.62	2.00%
20	IDR 31,204,895.32	2.00%
21	IDR 31,828,993.22	2.00%
22	IDR 32,465,573.09	2.00%
23	IDR 33,114,884.55	2.00%
24	IDR 33,777,182.24	2.00%
25	IDR 34,452,725.88	2.00%
26	IDR 35,141,780.40	2.00%
27	IDR 35,844,616.01	2.00%
28	IDR 36,561,508.33	2.00%
29	IDR 37,292,738.50	2.00%
30	IDR 38,038,593.27	2.00%

Tabel 4.13 Rencana pembiayaan Gaji ABK kapal *RoRo Barge* sampai 30 tahun



### **4.7.3. Perhitungan Biaya Pemeliharaan**

#### **4.7.3.1 Perhitungan Biaya Pemeliharaan Mesin Induk**

Data biaya pemeliharaan mesin induk merek Yanmar diperoleh dari PT. PIONEER di Jakarta. PT. PIONEER merupakan service partner dan product support maupun penjualan resmi dari engine Yanmar Indonesia. Pemeliharaan mesin-mesin Yanmar di PT. PIONEER mencakup top overhaul (T/O) dan general overhaul (G/O) atau disebut juga periodical maintenance.

Oleh karena perencanaan sistem propulsi kapal RoRo Barge menggunakan konsep dengan 2 engine terpasang sebagai mesin induk, maka seluruh biaya untuk mesin induk salah satu perencanaan tersebut menjadi 2 x lipatnya dibandingkan dengan karena perencanaan sistem propulsi kapal RoRo Barge menggunakan konsep dengan 1 engine terpasang sebagai mesin induk. Dari informasi ini, dapat dibuat suatu rencana pemeliharaan mesin induk kapal RoRo Barge selama 30 tahun operasi.

Adapun hal-hal yang dilakukan dalam periodic maintenance schedule tercantum dalam tabel dibawah ini, yaitu:

## 10-1 Periodical Maintenance

- (1) Periodical maintenance is an important factor in keeping the engine in the best condition. In accordance with operating hours given in the following maintenance schedule, perform periodic servicing.
- (2) When the parts are disassembled for checking and/or servicing, reassemble them properly.

## 10-2. Periodic Maintenance Schedule

□ : Replace. ○ : Check and refill, clean, adjust, lubricate, repair or replace if necessary.

Items		Service Period						Remarks
		Daily	Every 50hrs.	Every 250hrs.	Every 500hrs.	Every 1000hrs.	Every 2500hrs.	
Fuel System	Check fuel level and refill	○						
	Drain deposit and water in fuel tank	○ (When replenished)						
	Drain deposit and water in fuel filter and fuel-water separator		○					
	Replace fuel filter element				□			
Lubrication System	Check oil pressure	○						
	Check oil level and refill (oil pan and marine gear)	○						
	Replace oil filter element		□ (1st time)		□			
	Clean oil cooler						○	
	Charge oil	Engine	□ (1st time)					
		Marine gear	□ (1st time)			□		
Cooling Sea Water System	Check cooling water discharging condition	○						
	Check / Replace sea water pump impeller					○	□	
	Check anti-corrosion zinc				○			
	Clean sea water system					○		
Cooling Fresh Water System	Check cooling water temperature	○						
	Check coolant level	○						
	Charge coolant					○		
	Clean fresh water system						○	

Items		Service Period						Remarks
		Daily	Every 50hrs.	Every 250hrs.	Every 500hrs.	Every 1000hrs.	Every 2500hrs.	
Fuel Injection Pump and Nozzle	Check injection timing						(5000hrs.)	
	Disassemble and check fuel feed pump						○	
	Check injection pressure and spray form						○	
	Replace injection nozzle						○	
Cylinder Head	Check valve clearance		○ (1st time)			○		
	Lapping valve and seat						(5000hrs.)	
Check remote control wire			○ (1st time)		○			
Electrical System	Check warning lamps	○			○			
	Check battery electrolyte level			○				
	Check alternator drive belt tension				○			
Turbo-charger and Intercooler	Clean prefilter and turbo-charger			○				
	Check air/gas leakage	○						
	Disassemble and check major parts						(5000hrs.)	6CH-HTE3 6CH-DTE3 6CH-UTE
	Check anti-corrosion zinc				○			
Marine gear	Drain deposit in inter-cooler	○						
	Check oil cooler						5000hrs.	
	Check oil filter screen					○		
Thermo-stat	Check anti-corrosion zinc				○			
	Clean plugs						○	6CH-HTE3 6CH-DTE3 6CH-UTE

Gambar 4.27 Periodical Maintenance Yanmar Engine

Estimasi Biaya periodical Maintenance sekitar 10-25 Juta / Maintenance Biaya tergantung dari part yang dimaintenance dan tipe engine. (data terlampir di lampiran produk information). Estimate Biaya Overhaul sekitar 50-75 juta Biaya tergantung dari part pada saat oevrhaul dan tipe engine. (data terlampir di lampiran produk information).

Pada tahun ke-	Biaya maintenance 1 engine	Biaya maintenance 2 engine	%
0			0.00%
1	IDR 25,500,000.00	IDR 51,000,000.00	2.00%
2	IDR 26,010,000.00	IDR 52,020,000.00	2.00%
3	IDR 26,530,200.00	IDR 53,060,400.00	2.00%
4	IDR 27,060,804.00	IDR 54,121,608.00	2.00%
5	IDR 97,602,020.08	IDR 155,204,040.16	2.00%
6	IDR 28,154,060.48	IDR 56,308,120.96	2.00%
7	IDR 28,717,141.69	IDR 57,434,283.38	2.00%
8	IDR 29,291,484.52	IDR 58,582,969.05	2.00%
9	IDR 29,877,314.21	IDR 59,754,628.43	2.00%
10	IDR 100,474,860.50	IDR 160,949,721.00	2.00%
11	IDR 31,084,357.71	IDR 62,168,715.42	2.00%
12	IDR 31,706,044.86	IDR 63,412,089.73	2.00%
13	IDR 32,340,165.76	IDR 64,680,331.52	2.00%
14	IDR 32,986,969.08	IDR 65,973,938.15	2.00%
15	IDR 103,646,708.46	IDR 167,293,416.92	2.00%
16	IDR 34,319,642.63	IDR 68,639,285.25	2.00%
17	IDR 35,006,035.48	IDR 70,012,070.96	2.00%
18	IDR 35,706,156.19	IDR 71,412,312.37	2.00%
19	IDR 36,420,279.32	IDR 72,840,558.62	2.00%
20	IDR 157,148,684.90	IDR 174,297,369.79	2.00%
21	IDR 37,891,658.60	IDR 75,783,317.19	2.00%
22	IDR 38,649,491.77	IDR 77,298,983.53	2.00%
23	IDR 39,422,481.61	IDR 78,844,963.20	2.00%
24	IDR 40,210,931.24	IDR 80,421,862.47	2.00%
25	IDR 111,015,149.86	IDR 182,030,299.72	2.00%
26	IDR 41,835,452.86	IDR 83,670,905.71	2.00%
27	IDR 42,672,161.92	IDR 85,344,323.82	2.00%
28	IDR 43,525,605.16	IDR 87,051,210.30	2.00%
29	IDR 44,396,117.26	IDR 88,792,234.51	2.00%
30	IDR 115,284,039.60	IDR 190,568,079.20	2.00%

Tabel 4.14 Rencana pemeliharaan mesin induk pada kedua sistem propulsi selama 30 tahun operasi

#### 4.7.4. Analisa Present Value

Pada penelitian ini, analisis aspek ekonomis sistem propulsi dilakukan dengan perbandingan nilai present value antara perencanaan sistem propulsi menggunakan 1 engine dan perencanaan sistem propulsi menggunakan 2 engine sampai 30 tahun operasi kapal. Tujuan dari analisa ini adalah untuk mengetahui seberapa besar perbedaan nilai investasi, biaya operasional, biaya pemeliharaan, gaji ABK pada dua perencanaan tersebut.

Sebelum menentukan besar present value setiap tahun, terlebih dahulu dihitung cash outflow setiap tahun. Dalam perhitungan cash outflow, ada 2 (dua) jenis komponen biaya: biaya tetap dan biaya variabel. Komponen biaya tetap meliputi biaya investasi (BI), sedangkan komponen biaya variabel meliputi biaya-biaya operasional, yaitu:

- a) Biaya bahan bakar
- b) Biaya pemeliharaan mesin induk untuk periodic maintenance maupun overhaul
- c) Biaya untuk gaji ABK

Cash outflow (CO) pada saat sistem propulsi mulai beroperasi ( $CO_0$ ), Present value (PV) per tahun dapat dihitung melalui Persamaan sebagai berikut:

$$PV_n = CO_n / (1 + i)^n$$

Di mana:

i = faktor kenaikan suku bunga bank  
= 10%

<b>Pada tahun ke -</b>	<b>Present Value of Salary</b>
<b>0</b>	
<b>1</b>	IDR 19,472,727.27
<b>2</b>	IDR 18,056,528.93
<b>3</b>	IDR 16,743,326.82
<b>4</b>	IDR 15,525,630.33
<b>5</b>	IDR 14,396,493.57
<b>6</b>	IDR 13,349,475.86
<b>7</b>	IDR 12,378,604.89
<b>8</b>	IDR 11,478,342.71
<b>9</b>	IDR 10,643,554.15
<b>10</b>	IDR 9,869,477.49
<b>11</b>	IDR 9,151,697.31
<b>12</b>	IDR 8,486,119.32
<b>13</b>	IDR 7,868,947.01
<b>14</b>	IDR 7,296,659.95
<b>15</b>	IDR 6,765,993.77
<b>16</b>	IDR 6,273,921.50
<b>17</b>	IDR 5,817,636.30
<b>18</b>	IDR 5,394,535.48
<b>19</b>	IDR 5,002,205.62
<b>20</b>	IDR 4,638,408.85
<b>21</b>	IDR 4,301,070.03
<b>22</b>	IDR 3,988,264.93
<b>23</b>	IDR 3,698,209.30
<b>24</b>	IDR 3,429,248.63
<b>25</b>	IDR 3,179,848.73
<b>26</b>	IDR 2,948,587.00
<b>27</b>	IDR 2,734,144.31
<b>28</b>	IDR 2,535,297.45
<b>29</b>	IDR 2,350,912.18
<b>30</b>	IDR 2,179,936.75
<b>Total</b>	<b>IDR 239,955,806.44</b>

Tabel 4.15 Nilai Present Value untuk biaya gaji ABK

<b>Pada tahun ke-</b>	<b>Present Value 2 engine</b>	<b>Present Value 1 engine</b>
<b>0</b>		
<b>1</b>	IDR 382,355,345.45	IDR 305,884,276.36
<b>2</b>	IDR 354,547,683.97	IDR 283,638,147.17
<b>3</b>	IDR 328,762,397.86	IDR 263,009,918.29
<b>4</b>	IDR 304,852,405.29	IDR 243,881,924.23
<b>5</b>	IDR 282,681,321.27	IDR 226,145,057.01
<b>6</b>	IDR 262,122,679.72	IDR 209,698,143.78
<b>7</b>	IDR 243,059,212.10	IDR 194,447,369.68
<b>8</b>	IDR 243,059,212.10	IDR 180,305,742.80
<b>9</b>	IDR 243,059,212.10	IDR 167,192,597.87
<b>10</b>	IDR 243,059,212.10	IDR 155,033,136.20
<b>11</b>	IDR 243,059,212.10	IDR 143,757,999.03
<b>12</b>	IDR 243,059,212.10	IDR 133,302,871.82
<b>13</b>	IDR 243,059,212.10	IDR 123,608,117.51
<b>14</b>	IDR 243,059,212.10	IDR 114,618,436.24
<b>15</b>	IDR 243,059,212.10	IDR 106,282,549.96
<b>16</b>	IDR 243,059,212.10	IDR 98,552,909.97
<b>17</b>	IDR 243,059,212.10	IDR 91,385,425.61
<b>18</b>	IDR 243,059,212.10	IDR 84,739,212.83
<b>19</b>	IDR 243,059,212.10	IDR 78,576,360.99
<b>20</b>	IDR 243,059,212.10	IDR 72,861,716.56
<b>21</b>	IDR 243,059,212.10	IDR 67,562,682.62
<b>22</b>	IDR 243,059,212.10	IDR 62,649,032.98
<b>23</b>	IDR 243,059,212.10	IDR 58,092,739.67
<b>24</b>	IDR 243,059,212.10	IDR 53,867,813.15
<b>25</b>	IDR 243,059,212.10	IDR 49,950,154.01
<b>26</b>	IDR 243,059,212.10	IDR 46,317,415.54
<b>27</b>	IDR 243,059,212.10	IDR 42,948,876.23
<b>28</b>	IDR 243,059,212.10	IDR 39,825,321.59
<b>29</b>	IDR 243,059,212.10	IDR 36,928,934.57
<b>30</b>	IDR 243,059,212.10	IDR 34,243,193.87
<b>Total</b>	<b>IDR 8,161,086,924.07</b>	<b>IDR 4,099,183,278.14</b>
<b>Selisih</b>	<b>IDR 4,061,903,645.93</b>	

Tabel 4.16 Nilai Present Value untuk biaya Operasional Kapal

Pada tahun ke-	Present Value 1 engine	Present Value 2 engine
0		
1	IDR 23,181,818.18	IDR 46,363,636.36
2	IDR 21,495,867.77	IDR 42,991,735.54
3	IDR 19,932,531.93	IDR 39,865,063.86
4	IDR 18,482,893.24	IDR 36,965,786.49
5	IDR 60,603,175.44	IDR 96,369,497.96
6	IDR 15,892,233.17	IDR 31,784,466.33
7	IDR 14,736,434.39	IDR 29,472,868.78
8	IDR 13,664,693.71	IDR 27,329,387.41
9	IDR 12,670,897.80	IDR 25,341,795.60
10	IDR 38,737,408.22	IDR 62,053,084.87
11	IDR 10,894,877.75	IDR 21,789,755.49
12	IDR 10,102,523.00	IDR 20,205,046.00
13	IDR 9,367,794.06	IDR 18,735,588.11
14	IDR 8,686,499.94	IDR 17,372,999.89
15	IDR 24,812,197.95	IDR 40,048,713.92
16	IDR 7,468,954.17	IDR 14,937,908.33
17	IDR 6,925,757.50	IDR 13,851,515.00
18	IDR 6,422,066.05	IDR 12,844,132.09
19	IDR 5,955,006.70	IDR 11,910,013.39
20	IDR 23,359,150.66	IDR 25,908,193.40
21	IDR 5,120,321.46	IDR 10,240,642.92
22	IDR 4,747,934.44	IDR 9,495,868.89
23	IDR 4,402,630.12	IDR 8,805,260.24
24	IDR 4,082,438.84	IDR 8,164,877.68
25	IDR 10,246,254.07	IDR 16,800,668.21
26	IDR 3,510,222.62	IDR 7,020,445.24
27	IDR 3,254,933.70	IDR 6,509,867.40
28	IDR 3,018,211.25	IDR 6,036,422.50
29	IDR 2,798,704.98	IDR 5,597,409.95
30	IDR 6,606,761.53	IDR 10,921,180.92
<b>Total</b>	<b>IDR 401,181,194.63</b>	<b>IDR 725,733,832.79</b>
<b>selisih</b>	<b>IDR 324,552,638.16</b>	

Tabel 4.17 Nilai Present Value untuk biaya Pemeliharaan Mesin Induk

$$\sum PV_{TOTAL} = PV_{BI} + PV_{ABK} + PV_{BO} + PV_{MA}$$



Keterangan :  $PV_{BI}$  : Present Value biaya investasi  
 $PV_{ABK}$  : Present Value biaya gaji ABK  
 $PV_{BO}$  : Present Value biaya operasional  
 $PV_{MA}$  : Present Value maintenance

<b>Total present value 2 engine</b>	IDR 9,963,776,563.30
<b>Total present value 1 engine</b>	IDR 5,303,320,279.22
<b>Selisih nilai PV</b>	IDR 4,660,456,284.09

Tabel 4.18 Total Nilai Present Value dan selisih nilai nya antara perencanaan sistem propulsi 1 engine dan 2 engine

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

## **BAB V**

### **KESIMPULAN dan SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil-hasil penelitian skripsi tentang perencanaan sistem propulsi yang optimal untuk operasional kapal RoRo Barge 15 meter, dapat diambil kesimpulan bahwa:

Perencanaan sistem propulsi dengan menggunakan 1 engine lebih menguntungkan baik dari segi teknis maupun ekonomis.

Penarikan kesimpulan di atas berdasarkan atas beberapa hasil penelitian sebagai berikut:

1. Nilai tahanan kapal yang digunakan adalah 12.3 kN dari proses perhitungan menggunakan software Maxsurf dan nilai tahanan dari proses perhitungan yang lain sebagai validasi nilai tahanan kapal RoRo Barge yang digunakan.
2. Perhitungan pemilihan mesin utama kapal menghasilkan nilai BHP mcr 197 HP, 147 Kw mcr 2 112 HP 84 kW dan mesin utama yang dipilih adalah YANMAR 6CH-HTE3/WUTE dengan power 125-206 Kw (170-280 HP), YANMAR 6CH3 dengan power 115 HP 84.6 Kw.
3. Perhitungan Engine Propeller Matching menghasilkan propeller yang dipilih adalah B3-35 dengan diameter 0.844 m rasio 0.95 jumlah daun propeller 3 dan B4-85 dengan diameter 0.7799 m rasio 0.85 jumlah daun propeller 4
4. Biaya investasi perencanaan sistem propulsi kapal RoRo Barge dengan 1 engine pada tahun 2017-2018 sebesar Rp. 563.000.000,00 sedangkan biaya investasi perencanaan sistem propulsi kapal RoRo Barge dengan 2 engine pada tahun 2017-2018 sebesar Rp. 837.000.000,00
5. Selama kondisi pengoperasian pada Vs 6.5 knot dan 1748 rpm dan 1892, perencanaan sistem propulsi kapal dengan 1 engine maupun perencanaan sistem propulsi kapal dengan 2 engine memiliki nilai total biaya bahan bakar yang berbeda, ditinjau dari nilai rpm yang berbeda pada kecepatan knot yang sama perencanaan sistem propulsi kapal dengan 1 *engine* maupun 2 *engine*, nilai konsumsi bahan bakar pada perencanaan sistem propulsi kapal dengan 2 *engine* mencapai Rp. 412.344.000,00/tahun dan nilai konsumsi bahan bakar pada perencanaan sistem propulsi kapal dengan 1 engine mencapai Rp. 329.875.200,00/tahun

6. Sampai tahun ke-30 pengoperasian sistem propulsi kapal RoRo Barge dengan 2 engine, total biaya bahan bakar mencapai Rp. 17.062.564.132,81 sedangkan pengoperasian sistem propulsi kapal RoRo Barge dengan 1 engine total biaya bahan bakar mencapai Rp. 13.650.051.306,25 sehingga selisih di antara keduanya mencapai Rp. 3.412.512.826,56
7. Sampai tahun ke-30 perencanaan biaya pemeliharaan sistem propulsi kapal RoRo Barge dengan 1 engine, total biaya mencapai Rp. 1.504.486.019,76 sedangkan perencanaan biaya pemeliharaan sistem propulsi kapal RoRo Barge dengan 2 engine, total biaya mencapai Rp. 2.668.972.039,36 sehingga selisih di antara keduanya mencapai Rp. 1.164.486.019,60
8. Total present value dari perencanaan sistem propulsi dengan menggunakan 1 engine lebih kecil daripada perencanaan sistem propulsi dengan menggunakan 2 engine dengan selisih mencapai Rp. 4.660.456.284,09

## **5.2 Saran**

Konsep perencanaan sistem propulsi kapal RoRo Barge dalam penelitian ini juga dapat diterapkan pada kapal-kapal selain kapal RoRo Barge yang memiliki kondisi operasi yang beraneka ragam. Selain itu, harus diperhatikan perencanaan jumlah mesin utama kapal, power mesin utama yang dipilih maupun pemilihan propeller karena sangat berpengaruh terhadap nilai investasi, biaya operasional dan biaya pemeliharaan sistem propulsi pada perencanaan tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA


- Ambarsari, Nunik. Anityasari, Maria, Analisa Life Cycle Assessment (LCA) dan Life Cycle Cost (LCC) pada Pemasaran Online dan Offline pada Produk Kustomisasi Kaos. Surabaya: Jurusan Teknik Industri, ITS
- Bernitsas et al, 1981, M. M. Bernitsas; D. Ray; P. Kinley: “KT, KQ and Efficiency Curves for the Wageningen B-Series Propellers”, Department of Naval Architecture and Marine Engineering – College of Engineering – The University of Michigan
- E. Paul DeGarmo, Willam G. Sullivan, etall. 1997. Engineering Economy. 10th Edition. Prentice Hall. New Jersey. USA
- G.Woodward David, 1997. Life Cycle Costing-theory, information acquisition and application. University Businnes School. UK
- Harvald Sv. Aa. (1992), Tahanan dan Propulsi Kapal, Terjemahan Indonesia oleh : Sutomo Jusuf., Airlangga University Press, Surabaya.
- Herlambang, Bima. (2011). Uji Manuver Kapal Melalui Autopilot Fuzzy Studi Kasus di Laboratorium Hidrodinamika Indonesia. Surabaya:Jurusan Teknik Fisika, ITS
- Kiryanto. (2013). *Analisa Teknis Stabilitas dan Olah Gerak Kapal Patrol Speed Boat “Grass Carp” di Perairan Rawa Pening Jawa Tengah*. Universitas Diponegoro: Fakultas Teknik
- Marliansyah, Juli. 2014. Analisis Rencana Life Cycle Cost Gedung Hostel pada Kawasan Rumah Sakit Jimbun Medika Kediri.Universitas Atma Jaya Yogyakarta
- Prasetya, Hangga K. (2016). *Perencanaan Sistem Propulsi Hybrid untuk Kapal Fast Patrol Boat 60 M*. Surabaya: Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, ITS

Yudo, Hartono. (2007). *Engine Matching Propeller Pada Kapal untuk Mendapatkan Optimalisasi Pemakaian Mesin Penggerak Kapal dan Baling-baling Sebagai Alat Pendorong Kapal*. Universitas Diponegoro: Fakultas Teknik

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **DAFTAR LAMPIRAN**



 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	<b>PROPELLER DAN SISTEM PERPOROSAN</b>	Project Doc. No. Ship : RORO Barge Name Revisi :
<b>DATA UTAMA KAPAL YANG DI RANCANG</b>		
LPP = 15.00 m Lwl = 15.45 m Ldisp = 15.23 m B = 7.00 m H = 2.10 m T = 1.50 m Cm = 1.00 Cp = 0.80 L/B = 2.14 B/T = 4.67 Cwp = 0.92 Fn = -	Vs = 9 knot = 4.63 m/s  $v_{air\ laut} (15^\circ) = 1.19E-06 \text{ m}^2/\text{s} \quad (1,1883 \times 10^{-6})$ $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ $\rho \text{ air laut} = 1.025 \text{ ton/m}^3 = 1025 \text{ kg/m}^3$	
<b>DATA NSP DIAGRAM</b>	<b>KONVERSI SATUAN</b>	
$\beta(Cm) = 1.00$ $\delta(Cb) = 0.88$ $\varphi(Cp) = 0.88$ $e \% = 1.45 \%$ $C_{bwl} = 0.87$ $C_{blpp} = 0.89$	1 m = 3.28 ft 1 knot = 0.51 m/s 1 mil laut = 1.85 km = 1,852 m 1 m <sup>2</sup> /s = 10.37 ft <sup>2</sup> /s 1 m/s = 3.60 km/jam 1 HP = 0.75 kW 1 kW = 1.34 HP	
<b>DATA PERHITUNGAN TAHANAN</b>		

**1. PERHITUNGAN VOLUME DISPLACEMENT KAPAL**

$$\nabla = Lwl \times B \times T \times C_{bwl}$$

$$\nabla = 140.68 \text{ m}^3$$

**2. PERHITUNGAN DISPLACEMENT KAPAL**

$$\Delta = Lwl \times B \times T \times C_{bwl} \times \rho$$

$$\Delta = 144.20 \text{ ton}$$

	<b>PROPELLER DAN SISTEM PERPOROSAN</b>	<b>Project</b> <b>Doc. No.</b> <b>Ship Name</b> : RORO Barge <b>Revisi</b> :
---	--	---

### 3. MENENTUKAN BILANGAN FROUD NUMBER

$$Fn = \frac{Vs}{\sqrt{gxL}}$$

$$Fn = 0.382$$

Dimana :  $Vs = \text{m/s}$   
 $g = \text{m/s}^2$   
 $L = Lpp \text{ (m)}$

### 4. MENENTUKAN BILANGAN REYNOLD NUMBER

$$Rn = (VsL)/\nu$$

$$Rn = 6.01930.E+07$$

$$Rn = 60,192,982$$

Dimana :  $Vs = \text{m/s}$   
 $g = \text{m/s}^2$   
 $\nu_{kinematis} = \text{m}^2/\text{s}$   
 $L = Lwl \text{ (m)}$

### 5. MENGHITUNG NILAI DARI Cf (Koefisien Tahanan Gesek) MENGUNAKAN METODE I.T.T.C 1957

$$Cf = \frac{0,075}{(\log Rn - 2)^2}$$

$$Cf = 0.002245297$$

### 6. MENGHITUNG TAHANAN GESEK (RF)

Dalam menghitung tahanan gesek dengan metode holtrop ini harus diperhatikan beberapa parameter perhitungan sesuai formula yang tertera pada formula Tahanan total kapal J. Holtrop :

$$R_{total} = RF (1 + k1) + RAPP + RW + RB + RTR + RA$$

Maka RF dapat dihitung dengan perincian sebagai berikut :

#### 6.1. Menghitung Length of Run ( $L_R$ )

$$LR = L \left[ \frac{(1 - Cp) + (0,06 \times Cp \times Lcb)}{(4Cp - 1)} \right]$$

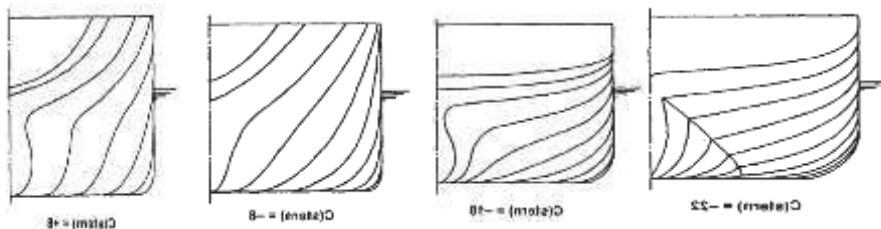
$$LR = 1.40 \text{ m}$$

Dimana :  $L = 15.45 \text{ Lwl (m)}$   
 $Lcb = 0.00 \text{ Lcb Simpson pada koreksi CSA Lpp (m)}$   
 $Cp = 0.80$

#### 6.2. Menghitung Faktor $C_{14}$

$$C_{14} = 1 + 0,011 \times C_{stem}$$

Dimana  $C_{stem}$  bisa didapatkan nilainya tergantung oleh bentuk body plan yang dirancang



$C_{stem}$  = -25 to -20 barge shaped forms  
 = -10 after body with V section  
 = 0 normal shape of after body  
 = +10 after body with U section

	<b>PROPELLER DAN SISTEM PERPOROSAN</b>	<b>Project</b> <b>Doc. No.</b> <b>Ship Name</b> : RORO Barge <b>Revisi</b> :
---	--	---

Maka nilai  $C_{14}$  didapatkan sebagai berikut

$$C_{14} = 1.00$$

### 6.3. Menghitung Form Factor ( $1+K_1$ )

Dimana Form Factor bisa didapatkan nilainya menggunakan formula sebagai berikut

$$1 + k = 0.93 + 0.487118 C_{14} (B/L)^{1.06806} (T/L)^{0.46106} (L/LR)^{0.12} \quad \text{Dimana} \quad L = 15.450 \text{ Lwl (m)}$$

$$(L^3/\nabla)^{0.36486} (1-CP)^{-0.604247} \quad (B/L)^{1.06806} = 0.429$$

$$(T/L)^{0.46106} = 0.341$$

$$(L/LR)^{0.121563} = 1.338$$

$$(L^3/\nabla)^{0.36486} = 3.293$$

$$(1-CP)^{-0.604247} = 2.645$$

$$1 + k = 1.76$$

### 6.4. Menghitung Luasan Permukaan Basah Kapal (S)

Dimana luasan permukaan basah kapal bisa didapatkan nilainya menggunakan formula sebagai berikut :

$$S = L(2T + B) \sqrt{CM (0.453 + 0.4425 CB - 0.2862 CM - 0.003467 B/T + 0.3696 CWP) + 2.38 ABT/CB}$$

Dimana : L adalah Lwl	=	15.45 m
$C_M$ adalah Koef. Midship	=	1.00
$C_B$ adalah Koef. Block (menggunakan $C_{bwl}$ )	=	0.87
$C_{WP}$ adalah Koef. Waterline	=	0.92
$ABT$ adalah Luas penampang melintang dari	=	- $m^2$ (tidak menggunakan Bulb)

$$S = 135.23 \text{ m}^2$$

### 6.5. Menghitung Tahanan Gesek $RF(1+K_1)$

Dimana tahanan gesek pada kapal bisa didapatkan nilainya menggunakan formula sebagai berikut :

$$RF(1+K_1) = 1/2 * \rho_{air} * C_f * S * V_s^2 \quad \text{Dimana : } \rho_{air \text{ laut}} = 1.025 \text{ ton/m}^3$$

$$RF = 1/2 * \rho_{air} * C_f * S * V_s^2 * (1+K_1) \quad C_f = 0.002$$

$$RF = 5.88 \text{ KN} \quad S = 135 \text{ m}^2$$

$$V_s = 4.630 \text{ m/s}$$

$$(1+k_1) = 1.76$$

## 7. MENGHITUNG TAHANAN TAMBAHAN (RAPP)

Dalam menghitung tahanan tambahan dengan metode holtrop ini harus diperhatikan beberapa parameter perhitungan sesuai formula yang tertera pada formula Tahanan tambahan kapal J. Holtrop :

$$R_{APP} = 0.5 * \rho_{air \text{ laut}} * V_s^2 * S_{APP} * (1+K_2)_{eq} * C_f$$

Maka  $R_{APP}$  dapat dihitung dengan perincian sebagai berikut :

### 7.1. Menghitung Luasan Tambahan Permukaan Basah Kapal ( $S_{APP}$ )

Dimana luasan tambahan permukaan basah kapal bisa didapatkan nilainya menggunakan formula sebagai berikut :  
**(BKI vol. II, rules for hull construction 2006, sec 14)**

$$S_{APP} = c_1.c_2.c_3.c_4(1.75.L.T/100)$$

	<b>PROPELLER DAN SISTEM PERPOROSAN</b>	<b>Project Doc. No.</b> <b>Ship Name</b> : RORO Barge <b>Revisi</b> :
---	--	---

Dimana :  $L = 15.450$  Lwl (m)  
 $T = 1.50$  m

**Tabel 1. Penentuan Nilai c1,c2,dan c3**

No	C1 (Untuk Faktor Tipe Kapal)	C2 (Untuk Faktor Tipe Ruddder)	C3 (Untuk Faktor profil Rudder)	C4 (Untuk Faktor perencanaan Rudder)
1	Bernilai 1 untuk kapal umum	Bernilai 1 untuk bentuk umum	Bernilai 1 untuk NACA-profil dan plat rudder	Bernilai 1 untuk kemudi dibelakang propeller
2	Bernilai 0.9 untuk bulk carrier dan tanker dengan displacement $\geq 50000$ ton	Bernilai 0.9 untuk bentuk spade rudder	Bernilai 0.8 untuk hollow profil	Bernilai 1.5 untuk kemudi yang berfungsi sebagai propulsor
3	Bernilai 1,7 untuk tug boat dan trawler	Bernilai 0.8 untuk bentuk double rudder	-	-
4	-	Bernilai 0.7 untuk high lift rudder	-	-

Dari nilai c diatas diambil :

$c1 =$	1.0	Kapal umum dan $\Delta < 50.000$ ton
$c2 =$	1.0	Tipe kemudi kapal umum
$c3 =$	1.0	Profil NACA dan kemudi plat.
$c4 =$	1.0	Untuk kemudi dibelakang prop.

$$S_{APP} = c1.c2.c3.c4(1.75.L.T/100)$$

$$S_{APP} = 0.40556 \text{ m}^2$$

## 7.2. Menghitung nilai $(1+K_2)_{eq}$

Dimana  $(1+K_2)_{eq}$  bisa didapatkan nilainya menggunakan formula sebagai berikut :

$$(1+K_2)_{eq} = \frac{\sum(1+k_2) S_{APP}}{\sum S_{APP}} \quad (\text{digunakan apabila ada penambah beberapa bentuk tambahan kapal})$$

$$1+K_2)_{eq} = 1.5 \quad \text{Nilai ini di ambil dari tabel 2. Tabel Nilai } 1 + K_2$$

**Table 2 Tabel Nilai 1 + K2**

Approximate 1 + K2 Values		
No	Item	Values
1	Rudder Behind Skeg	1.5 – 2.0
2	Rudder Behind Stern	1.3 – 1.5
3	Twin-screw Balance Rudder	2.8
4	Shaft Bracket	3
5	Skeg	1.5 – 2.0
6	Strut Bossing	3
7	Hull Bossing	2
8	Shafts	2.0 – 4.0
9	Stabilizer Fins	2.8
10	Dome	2.7
11	Bilge Keels	1.4

	<b>PROPELLER DAN SISTEM PERPOROSAN</b>	<b>Project</b> <b>Doc. No.</b> <b>Ship Name</b> : RORO Barge <b>Revisi</b> :
---	--	---

### 7.3. Menghitung nilai Tahanan Tambahan Kapal ( $R_{AA}$ )

Dimana tahanan tambahan pada kapal bisa didapatkan nilainya menggunakan formula sebagai berikut :

$$R_{APP} = 0,5 \cdot r_{air\ laut} \cdot V_s^2 \cdot S_{APP} \cdot (1+K_2)_{eq} \cdot C_f$$

Dimana :  $\rho$  air laut = 1.025 ton/m<sup>3</sup>  
 $V_s$  = 4.630 m/s  
 $S_{APP}$  = 0.406 m<sup>2</sup>  
 $(1+K_2)_{eq}$  = 1.500  
 $C_f$  = 0.002

$$R_{APP} = 0.02 \text{ KN}$$

## 8. MENGHITUNG TAHANAN GELOMBANG ( $R_W$ )

Dalam menghitung tahanan gelombang dengan metode Holtrop ini harus diperhatikan beberapa parameter perhitungan sesuai formula yang tertera pada formula Tahanan tambahan kapal J. Holtrop :

$$R_W = C_1 \times C_2 \times C_5 \times \nabla \times \rho_{Air\ Laut} \times g \times \exp\{m_1 \times F_n^d + m_2 \times \cos(\lambda \times F_n^{-2})\}$$

Maka  $R_W$  dapat dihitung dengan perincian sebagai berikut :

### 8.1. Menghitung Nilai $C_1$

Dimana  $C_1$  didapatkan nilainya menggunakan formula sebagai berikut :

$$C_1 = 2223105 \times C_7^{3,78613} \times \left(\frac{T}{B}\right)^{1,07961} \times (90 - i_E)^{-1,37565}$$

Dimana :

$i_E$	= 1/2 dari $i_E$ (sudut masuk)	= 8.5
$B/L$	=	0.45
$C_7$	=	0.45
$C_7^{3,78613}$	=	0.05
$(T/B)^{1,07961}$	=	0.19
$(90 - i_E)^{-1,37565}$	=	0.00

Table 3 Tabel Formula Range Penentuan Nilai  $C_7$

Approximate $C_7$ Values		
No	Nilai	Ketika
1	$C_7 = 0.229577(B/Lwl)^{0.33333}$	$B/Lwl < 0.11$
2	$C_7 = B/Lwl$	$0.11 < B/Lwl < 0.25$
3	$C_7 = 0.5 - (0.0625 \times \frac{B}{Lwl})$	$B/Lwl > 0.25$

$$C_1 = 2223105 \times C_7^{3,78613} \times \left(\frac{T}{B}\right)^{1,07961} \times (90 - i_E)^{-1,37565}$$

$$C_1 = 0.47 \quad 0.47168$$

### 8.2. Menghitung Nilai $C_2$

Dimana  $C_2$  didapatkan nilainya menggunakan formula sebagai berikut :

$$C_2 = \exp(-1.89\sqrt{C_3})$$

Dimana sebelum menghitung  $C_2$  harus menghitung  $C_3$  terlebih dahulu menggunakan formula sebagai berikut

$$C_3 = 0.56A_{BT}^{1.5} / \{BT(0.31\sqrt{A_{BT}} + T_F - H_B)\}$$

Dimana :  $A_{BT}$  = Luasan penampang melintang bul = - m<sup>2</sup> (tidak menggunakan Bulb)  
 $T_F$  = Sarat pada haluan = 1.50 m

	<b>PROPELLER DAN SISTEM PERPOROSAN</b>	<b>Project</b> <b>Doc. No.</b> <b>Ship Name</b> : RORO Barge <b>Revisi</b> :
---	--	---

$H_b$  = Tinggi pusat vertikal bulb dari base line  
 batas nilai bawah  $H_b = 0,6 \times T_f$  (Tidak menggunakan bulb maka nilainya) = 0

$B$  = Lebar kapal = 7.00 m

$T$  = Sarat muat penuh kapal = 1.50 m

$C_3 = -$

Sehingga  $C_2$  dapat dihitung sebagai berikut :

$$C_2 = \exp(-1.89\sqrt{C_3})$$

$C_2 = 1.00$

### 8.3. Menghitung Nilai Lambda ( $\lambda$ )

Dimana Lambda ( $\lambda$ ) didapatkan nilainya menggunakan formula berdasarkan tabel berikut :

Table 4 Tabel Formula Range Penentuan Nilai Lambda

Approximate $\lambda$ Values		
No	Nilai	Ketika
1	$\lambda = 1.446 C_p - 0.03 Lwl/B$	$Lwl/B < 12$
2	$\lambda = 1.446 C_p - 0.36$	$Lwl/B > 12$

Dimana:  $C_p$  = Koefisien Prismatic = 0.80  
 $L$  =  $Lwl$  = 15.45 m  
 $B$  = Lebar Kapal = 7.00 m  
 $Lwl/B$  = Perbandingan panjang kapal dengan lebar kapal = 2.21

$$\lambda = 1.446 C_p - 0.03 Lwl/B$$

$\lambda = 1.09$

### 8.3. Menghitung Nilai $m_1$

Dimana  $m_1$  didapatkan nilainya menggunakan formula sebagai berikut :

$$m_1 = \left( 0.0140407 \frac{Lwl}{T} \right) - \left( 1.75254 \times \frac{\sqrt[4]{\lambda}}{Lwl} \right) + \left( 4.79323 \times \frac{B}{Lwl} \right) - C_{16}$$

Dimana sebelum menghitung  $m_1$  harus menghitung  $c_{16}$  terlebih dahulu menggunakan formula sebagai berikut

Tabel 5. Tabel Formula Range Penentuan Nilai  $c_{16}$

Approximate $c_{16}$ Values		
No	Nilai	Ketika
1	$c_{16} = (8.07981 \times C_p) - (13.8673 \times C_p^2) + 6.984388 \times C_p^3$	$C_p < 0.8$
2	$c_{16} = 1.73014 - 0.7067 C_p$	$C_p > 0.8$

Dimana :  $C_p$  = Koefisien Prismatic = 0.80

$$c_{16} = (8.07981 \times C_p) - (13.8673 \times C_p^2) + 6.984388 \times C_p^3$$

$C_{16} = 1.16$

 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	<b>PROPELLER DAN SISTEM PERPOROSAN</b>	<b>Project</b> <b>Doc. No.</b> <b>Ship</b> : RORO Barge <b>Name</b> <b>Revisi</b> :
--	--	---

Sehingga  $m_1$  dapat dihitung sebagai berikut :

$$m_1 = \left( 0.0140407 \frac{Lwl}{T} \right) - \left( 1.75254 \times \frac{\nabla^{1/3}}{Lwl} \right) + \left( 4.79323 \times \frac{B}{Lwl} \right) - c_{16}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} \nabla^{1/3} &= 5.20 \\ L/T &= 10.30 \\ \nabla^{1/3}/L &= 0.34 \\ B/L &= 0.45 \end{aligned}$$

$$m_1 = 0.56$$

#### 8.4. Menghitung Nilai $m_2$

Dimana  $m_2$  didapatkan nilainya menggunakan formula sebagai berikut :

$$m_2 = c_{15} \times Cp^2 \times \exp(-0.1 \times Fn^{-2})$$

Dimana :

$$\begin{aligned} Lwl &= 15.45 \text{ m} \\ \nabla &= 140.679 \text{ m}^3 \\ Fn^{-2} &= 6.86552 \\ Cp^2 &= 0.64 \\ L^3/\nabla &= 26.2154 \end{aligned}$$

Dimana sebelum menghitung  $m_2$  harus menghitung  $c_{15}$  terlebih dahulu menggunakan formula sebagai berikut

Tabel 6. Tabel Formula Range Penentuan Nilai  $c_{15}$

Approximate $c_{15}$ Values		
No	Nilai	Ketika
1	$C_{15} = -1.69385$	$L^3/\nabla \leq 512$
2	$C_{15} = 0.0$	$L^3/\nabla \geq 1727$
3	$C_{15} = -1.69385 + \left( \frac{Lwl}{\nabla^{1/3}} - 8 \right) / 2.36$	$512 < L^3/\nabla < 1727$

$$C_{15} = -1.69385$$

Sehingga  $m_2$  dapat dihitung sebagai berikut :

$$m_2 = c_{15} \times Cp^2 \times \exp(-0.1 \times Fn^{-2})$$

$$m_2 = -0.545619$$

#### 8.5. Menghitung Nilai $C_5$

Dimana  $C_5$  didapatkan nilainya menggunakan formula sebagai berikut :

$$C_5 = 1 - 0.8A_T/(B \times T \times C_M)$$

Dimana :

$$\begin{aligned} A_T &= \text{Luasan dari transom} = \text{m}^2 \\ B &= 7.00 \text{ m} \\ T &= 1.50 \text{ m} \\ C_M &= 1.00 \end{aligned}$$

$$C_5 = 1$$

	<b>PROPELLER DAN SISTEM PERPOROSAN</b>	<b>Project</b> <b>Doc. No.</b> <b>Ship Name</b> : RORO Barge <b>Revisi</b> :
---	--	---

#### 8.6. Menghitung nilai Tahanan Gelombang Kapal ( $R_W$ )

Dimana tahanan gelombang pada kapal bisa didapatkan nilainya menggunakan formula sebagai berikut :

$$R_W = C_1 \times C_2 \times C_5 \times \nabla \times \rho_{Air Laut} \times g \times \exp\{m_1 \times Fn^d + m_2 \times \cos(\lambda \times Fn^{-2})\} \quad N$$

Dimana:	$C_1 =$	0.47	$\cos(\lambda \times Fn^{-2}) =$	0.36
	$C_2 =$	1.00	$m_1 =$	0.56
	$C_5 =$	1.00	$m_2 =$	-0.55
	$\nabla =$	141 m <sup>3</sup>	$\exp\{m_1 \times Fn^d + m_2 \times \cos(\lambda \times Fn^{-2})\} =$	3.1292
	$g =$	9.81 m/s <sup>2</sup>		
	$d =$	-0.9		
	$Fn =$	0.38		
	$Fn^d =$	2.38		
	$Fn^{-2} =$	6.87		
	$\lambda =$	1.09		
	$\rho$ air laut	1.025 ton/m <sup>3</sup>		

$$R_W = 2,088 \quad N = 2.09 \text{ kN}$$

#### 9. MENGHITUNG TAHANAN TAMBAHAN DARI BULBOUS BOW ( $R_B$ )

Dalam menghitung tahanan tambahan dari bulbous bow dengan metode holtrop ini harus diperhatikan beberapa parameter

perhitungan sesuai formula yang tertera pada formula Tahanan tambahan kapal J. Holtrop :

$$R_B = 0.11 \exp(-3P_B^{-2}) Fni^3 \times A_{BT}^{1.5} \times P_B \times g / (1 + Fn^2)$$

$$P_B = 0.56 \times \sqrt{A_{BT}} / (T_f - 1.5 \times h_B)$$

$$Fni = \frac{V_s}{\sqrt{g(T_f - h_B - 0.25 \sqrt{A_{BT}}) + 0.15 \times V_s^2}}$$

Dalam perencanaan pada lines plan kapal yang di rancang tidak memakai bulbous bow sehingga :

$$R_B = 0 \text{ kN}$$

#### 10. MENGHITUNG TAHANAN TAMBAHAN DARI TRANSOM ( $R_{TR}$ )

Dalam menghitung tahanan tambahan dari transom dengan metode holtrop ini harus diperhatikan beberapa parameter

perhitungan sesuai formula yang tertera pada formula Tahanan tambahan kapal J. Holtrop :

$$R_{TR} = 0.5 \times \rho_{Air Laut} \times V_s^2 \times A_T \times C_6$$

$$Fn_T = \frac{V_s}{\sqrt{2 \times g \times A_T / (B + B \times Cwp)}}$$

Dimana :


$A_T$  = Luas transom atau luas yg tercelup ke air.

Transom pada kapal ini luas permukaannya seluruhnya berada diatas permukaan air.

Jadi, tahanan tambahan akibat transom yang tercelup

$$R_{TR} = 0.00 \text{ kN}$$



	<b>PROPELLER DAN SISTEM PERPOROSAN</b>	<b>Project</b> <b>Doc. No.</b> <b>Ship Name</b> : RORO Barge <b>Revisi</b> :
<b>11. MENGHITUNG TAHANAN MODEL SHIP CORRELATION (<math>R_A</math>)</b>		

Dalam menghitung tahanan model ship correlation (nilai koreksi yang berhubungan model kapal) menggunakan metode holtrop ini harus diperhatikan beberapa parameter perhitungan sesuai formula yang tertera pada formula Tahanan tambahan kapal

J. Holtrop :

$$R_A = 0,5 \cdot \rho_{\text{air laut}} \cdot V_s^2 \cdot S \cdot C_A$$

Maka  $R_A$  dapat dihitung dengan perincian sebagai berikut :

#### 11.1. Menghitung Nilai $C_4$

Dimana  $C_4$  didapatkan nilainya menggunakan formula sebagai berikut :

Tabel 7. Tabel Formula Range Penentuan Nilai  $c_4$

Approximate $c_4$ Values		
No	Nilai	Ketika
1	$c_4 = T_F / Lwl$	$T_F / Lwl \leq 0.04$
2	$c_4 = 0.04$	$T_F / Lwl > 0.04$

$$\frac{T_F}{Lwl}$$

Dimana :

$$T_F = \text{Sarat haluan kapal} = 1.50 \text{ m}$$

$$L = Lwl = 15.45 \text{ m}$$

$$T_F / L = 0.10$$

$$C_4 = 0.04$$

#### 11.2. Menghitung Nilai $C_A$

Dimana  $C_A$  didapatkan nilainya menggunakan formula sebagai berikut :

$$C_A = 0.006(Lwl + 100)^{-0.16} - 0.00205 + 0.003 \sqrt{\frac{Lwl}{7.5}} \times CB^4 \times c_2 \times (0.04 - c_4)$$

Dimana :

$$Lwl = 15.45$$

$$Cbwl = 0.87$$

$$C_4 = 0.04$$

$$(Cbwl)^4 = 0.57$$

$$C_2 = 1.00$$

$$\sqrt{\frac{Lwl}{7.5}} = 1.44$$

$$C_A = 0.0008$$

#### 11.3. Menghitung Nilai $R_A$

Dimana  $R_A$  didapatkan nilainya menggunakan formula sebagai berikut :

$$R_A = 0,5 \cdot \rho_{\text{air laut}} \cdot V_s^2 \cdot S \cdot C_A$$

$$R_A = 1.12376 \text{ kN}$$


Dimana :

$$\rho_{\text{air laut}} = 1.03 \text{ ton/m}^3$$

$$V_s = 4.63 \text{ m/s}$$

$$S = 135 \text{ m}^2$$

$$C_A = 0.0008$$

	<p align="center"><b>PROPELLER DAN SISTEM PERPOROSAN</b></p>	<b>Project</b> <b>Doc. No.</b> <b>Ship Name</b> : RORO Barge <b>Revisi</b> :
---	--	---

## 12. MENGHITUNG TAHANAN TOTAL KAPAL ( $R_T$ )

Dalam menghitung tahanan total kapal menggunakan metode holtrop dengan formula sebagai berikut :

$$R_{total} = R_F(1 + k_1) + R_{APP} + R_W + R_B + R_{TR} + R_A$$

$$R_{total} = R_F + R_{APP} + R_W + R_B + R_{TR} + R_A$$

Dimana :

$$\begin{aligned}
 R_F &= 5.88 \text{ KN} \\
 R_{APP} &= 0.02 \text{ KN} \\
 R_W &= 2.09 \text{ KN} \\
 R_B &= 0.00 \text{ KN} \\
 R_{TR} &= 0.00 \text{ KN} \\
 R_A &= 1.12 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

$$R_{total} = R_F + R_{APP} + R_W + R_B + R_{TR} + R_A$$

$$R_{total} = 9.10 \text{ KN}$$


## 13. MENGHITUNG TAHANAN DINAS KAPAL ( $R_{TS}$ )

Dalam menghitung tahanan total kapal menggunakan metode holtrop ditambahkan dengan sea margin dengan formula sebagai berikut :

$$R_t(\text{dinas}) = (1 + 15\%) \cdot R_T$$

$$R_t(\text{dinas}) = 10.47 \text{ KN}$$

Dalam hal ini tahanan total masih dalam pelayaran percobaan, untuk kondisi rata-rata pelayaran dinas harus diberikan kelonggaran tambahan pada tahanan dan daya efektif. Kelonggaran rata-rata untuk pelayaran dinas disebut sea margin/service

 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	<b>PROPELLER DAN SISTEM PERPOROSAN</b>	Project Doc. No. Ship : RORO Barge Name Revisi :
<b>DATA UTAMA KAPAL YANG DI RANCANG</b>		
LPP = 15.00 m Lwl = 15.45 m Ldisp = 15.23 m B = 7.00 m H = 2.10 m T = 1.50 m Cm = 1.00 Cp = 0.80 L/B = 2.14 B/T = 4.67 Cwp = 0.92 Fn = -	Vs = 9 knot = 4.63 m/s  $v_{air\ laut} (15^{\circ}) = 1.19E-06 \text{ m}^2/s (1,1883 \times 10^{-6})$ $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ $\rho \text{ air laut} = 1.025 \text{ ton/m}^3 = 1025 \text{ kg/m}^3$	
<b>DATA NSP DIAGRAM</b>	<b>KONVERSI SATUAN</b>	
$\beta(Cm)$ = 1.00 $\delta(Cb)$ = 0.88 $\varphi(Cp)$ = 0.88 e % = 1.45 % Cbw1 = 0.87 Cblpp = 0.89	1 m = 3.28 ft 1 knot = 0.51 m/s 1 mil laut = 1.85 km 1 m <sup>2</sup> /s = 10.37 ft <sup>2</sup> /s 1 m/s = 3.60 km/jam 1 HP = 0.75 kW 1 kW = 1.34 HP	= 1,852 m
<b>DATA PERHITUNGAN PEMILIHAN MAIN ENGINE</b>		

### 1. EFFECTIVE HORSE POWER (EHP)

Daya yang diperlukan untuk menggerakkan kapal di air atau untuk menarik kapal dengan kecepatan v. Perhitungan daya menurut buku HARVALD,TAHANAN DAN PROPULSI KAPAL, 6.2.1 hal. 135 sebagai berikut :

Diketahui data sebagai berikut :

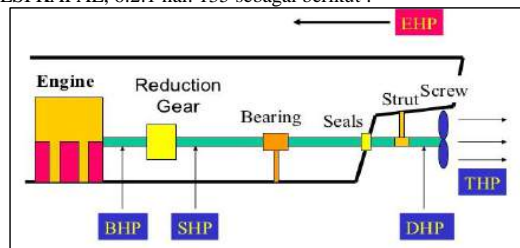
Vs = 4.63 m/s

Rts = 12.30 kN

$$EHP = R_{t_{dinas}} \times V_s \quad \text{kW}$$

$$EHP = 57 \text{ kW}$$

$$EHP = 76 \text{ HP}$$



### 2. DELIVERY HORSE POWER (DHP)

Daya yang diserap oleh propeller dari sistem perporosan atau daya yang dihantarkan oleh sistem perporosan ke propeller untuk diubah menjadi daya dorong (thrust )

$$DHP = EHP/P_c$$

Dimana :  $P_c = \eta_H \times \eta_{rr} \times \eta_o$

#### 2.a. Effisiensi Lambung ( $\eta_H$ )

$$\eta_H = (1-t)/(1-w)$$

##### 2.a.1 Menghitung Wake Friction (w)

Wake friction atau arus ikutan merupakan perbandingan antara kecepatan kapal dengan kecepatan air yang menuju ke propeller.

Dengan menggunakan tabel yang diberikan oleh Taylor, maka didapat :

 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	<b>PROPELLER DAN SISTEM PERPOROSAN</b>	Project Doc. No. Ship : RORO Barge Name Revisi :
--	--	--

Tabel 8. Tabel Nilai Wake Fraction Dari Taylor

No	Block Coefficient Cb	Wake Fraction (Taylor)	
		Twin-screw ship	Single-screw ship
1	0.5	-0.038	0.230
2	0.55	-0.021	0.234
3	0.6	+0.007	0.243
4	0.65	0.045	0.260
5	0.70	0.091	0.283
6	0.75	0.143	0.314
7	0.80	-	0.354
8	0.85	-	0.400
9	0.90	-	0.477

(Principal of Naval Architecture hal 158 )

Pada perencanaan ini nilai  $cb_{wl} = 0.71$  dan kapal yang memiliki sistim perporosan tipe single screw. Nilai  $cb_{wl}$  tersebut apabila dilihat dari tabel berada diantara  $cb = 0.70$  dan  $cb = 0.75$ , sehingga perlu dilakukan metode interpolasi untuk mendapatkan nilai wake fraction pada  $cb_{wl} = 0.71$  dengan single-screw. Adapun cara perhitungannya dijelaskan sebagai berikut :

$$cb_{wl} = 0.87 \text{ ( single-screw ships)}$$

No	(A)	(B)
	cb	w
1	0.85	0.400
2	0.88	
3	0.90	0.477

$$w = 1B + \left[ \frac{(2A - 1A) \times (3B - 1B)}{3A - 1A} \right]$$

$$w = 0.45$$

#### 2.a.2 Menghitung Thrust Deduction Factor (t)

Nilai t dapat dicari dari nilai w yang telah diketahui yaitu :

$$t = k \times w$$

Dimana : Nilai k antara 0,7 ~ 0,9

(Principal of Naval Architecture hal 159 )

$$k = 0.9$$

$$t = 0.40$$

#### 2.a.3 Effisiensi Lambung ( $\eta_H$ )

$$\eta_H = (1-t)/(1-w)$$

$$\begin{aligned} \text{Dimana : } t &= 0.40 \\ w &= 0.45 \end{aligned}$$

$$\eta_H = 1.08$$

 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	<b>PROPELLER DAN SISTEM PERPOROSAN</b>	Project Doc. No. Ship : RORO Barge Name Revisi :
---	--	--

### 2.b. Efisiensi Relatif Rotatif ( $\eta_{rr}$ )

Harga  $\eta_{rr}$  untuk kapal dengan propeller tipe single screw berkisar 1.0-1.1. (Principal of Naval Architecture hal 152 ) pada perencanaan propeller dan tabung poros propeller ini diambil harga :

$$\eta_{rr} = 1.10$$

### 2.c. Efisiensi Propulsi ( $\eta_o$ )

Adalah open water efficiency yaitu efficiency dari propeller pada saat dilakukan open water test. Nilainya antara 40 - 70%, dan diambil : propeller dan tabung poros propeller ini diambil harga :

$$\eta_o = 40.00\% \text{ (ASUMSI)}$$

### 2.d. Coefficient Propulsif ( $P_c$ )

$$P_c = \eta_H \times \eta_{rr} \times \eta_o$$

$$P_c = 0.475$$

### 2.e. Delivery Horse Power

Maka daya pada tabung poros baling-baling dihitung dari perbandingan antara daya efektif dengan koefisien propulsif yaitu :

Dimana :  $EHP =$  Effective Horse Power (HP)

$$DHP = EHP / P_c$$

$$DHP = 161 \text{ HP}$$

$$DHP = 120 \text{ kW}$$

### 4. THRUST HORSE POWER (THP)

Dimana :  $EHP =$  Effective Horse Power (HP)

$$THP = EHP / \eta_h$$

$$THP = 71 \text{ HP}$$

$$THP = 53 \text{ kW}$$

### 5. SHAFT HORSE POWER (SHP)

Untuk kapal yang kamar mesinnya terletak di bagian belakang akan mengalami losses sebesar 2%, sedangkan pada kapal yang kamar mesin pada daerah midship kapal mengalami losses sebesar 3% ("Principal of Naval Architecture hal 131"). Pada perencanaan ini, kamar mesin terletak dibagian belakang, sehingga losses yang terjadi hanya 2%. Bekerja 98%

$$SHP = DHP / \eta_s \quad HP$$

$$\eta_s = 0.98 \quad (\text{Losses sebesar } 2\%)$$

$$\text{Dimana : } DHP = 161 \text{ HP}$$

$$SHP = 164 \text{ HP}$$

$$SHP = 122 \text{ kW}$$

### 6. MENGHITUNG DAYA PENGGERAK UTAMA YANG DIBUTUHKAN

#### 6.a. BHP SCR

Adanya pengaruh efisiensi roda sistem gigi transmisi ( $\eta_G$ ), pada tugas ini memakai sistem roda gigi , sehingga

$$\eta_G = 0.98$$

 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	<b>PROPELLER DAN SISTEM PERPOROSAN</b>	Project Doc. No. Ship : RORO Barge Name Revisi :
--	--	--

**BHP<sub>scr</sub> = SHP / Effisiensi Gearbox**

Dimana :

$$\eta_g = 0.98$$

$$\text{SHP} = 164 \text{ HP}$$

$$\text{BHP}_{scr} = 167 \text{ HP} \quad 111.49$$

$$\text{BHP}_{scr} = 125 \text{ kW} \quad 83.14$$

#### 6.B. BHP MCR

Daya keluaran pada kondisi maksimum dari motor induk.

Karena terdapat engine margin maka daya minimum yang dibutuhkan untuk menggerakkan kapal saat Vs bernilai 0,8 - 0,9 daya mesin saat kondisi maksimum (D Stapersma & Hk Woud (2005) Matching propulsion engine with propulsor, Marine Engineering & Technology, Hal 29)

$$\text{Daya BHP}_{scr} \text{ diambil} = 85.00\%$$

$$\text{BHP}_{MCR} = \text{BHP}_{scr} / 0.85$$

$$\text{BHP}_{MCR} = 197 \text{ HP}$$

$$\text{BHP}_{MCR} = 147 \text{ kW}$$

### 5. PEMILIHAN MAIN ENGINE

#### A. SPESIFIKASI MESIN YANG DIDAPAT

Pemilihan Main Engine	Engine 1	Engine 2	Engine 3
	YANMAR	Deutz	volvo penta
Type	6CH-HTE3/WUTE	BFM1013MC	D5A TA
Cycle	6 stroke	6 stroke	4 stroke
Cylinder Number	6	6	4
Power (kW)	125	102.75	120
Power (HP)	168	137	160
Cylinder Bore (mm)	105	111	108
Piston Stroke (mm)	125	127	130
<b>DIMENSI (mm)</b>			
Length (mm)	1600		
Width (mm)	736		
Height (mm)	1096		
Weight (ton)	216		
Rotation (rpm)	2550	2300	2300
SFOC (g/kwH)	171		
SLOC (g/kwH)	0.7		
Fuel	HFO,MDO		

 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	<b>PROPELLER DAN SISTEM PERPOROSAN</b>	Project Doc. No. Ship : RORO Barge Name Revisi :
--	--	--

#### B. SPESIFIKASI GEARBOX YANG DIDAPAT


Pemilihan Main Engine	GEAR BOX 1		
	YX-71		
Type	ic multi-disc clutch, v		
Power (kW)	3750		
Power (HP)	5029		
Rotation (rpm)	750		
Ratios	3.857		
<b>DIMENSI (mm)</b>			
Length (mm)	1975		
Width (mm)	1980		
Height (mm)	3370		
Weight (ton)	21		

 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	<b>PROPELLER DAN SISTEM PERPOROSAN</b>	Project Doc. No. Ship : RORO Barge Name Revisi :
--	--	--

**5. PERHITUNGAN ULANG DAYA ENGINE (SESUAI ENGINE YANG DIPILIH)**

No.	ITEM	Engine 1					
		Yanmar					
1	BHP <sub>MCR</sub> =	125.0	kW				
	BHP <sub>MCR</sub> =	167.6	HP				
2	BHP <sub>SCR</sub> =	106.3	kW				
		142.5	HP				
3	SHP =	104.1	kW				
	SHP =	139.6	HP				
4	DHP =	102.0	kW				
	DHP =	136.8	HP				
5	EHP =	48.5	kW				
	EHP =	65.1	HP				
6	THP =	52.4	kW				
	THP =	70.3	HP				



 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	<b>PROPELLER DAN SISTEM PERPOROSAN</b>	<b>Project</b> <b>Doc. No.</b> <b>Ship Name</b> <b>RORO BARGE</b> <b>Revisi</b> :

DATA UTAMA KAPAL YANG DI RANCANG
----------------------------------

LPP = 15.00 m	Vs = 9 knot = 4.63 m/s
Lwl = 15.45 m	
Ldisp = 15.23 m	
B = 7.00 m	
H = 2.10 m	$v_{air\ laut} (15^\circ) = 1.19E-06 \text{ m}^2/\text{s} \quad (1,1883 \times 10^{-6})$
T = 1.50 m	$g = 9.81 \text{ m/s}^2$
Cm = 1.00	$\rho \text{ air laut} = 1.025 \text{ ton/m}^3 = 1025 \text{ kg/m}^3$
Cp = 0.80	
L/B = 2.14	
B/T = 4.67	
Cwp = 0.92	
Fn = -	

DATA NSP DIAGRAM	KONVERSI SATUAN
$\beta(Cm)$ = 1.00	1 m = 3.28 ft = 0.3048 m
$\delta(Cb)$ = 0.88	1 knot = 0.51 m/s
$\phi(Cp)$ = 0.88	1 mil laut = 1.85 km = 1,852 m
e % = 1.45 %	1 m <sup>2</sup> /s = 10.37 ft <sup>2</sup> /s
Cbwl = 0.87	1 m/s = 3.60 km/jam
Cblpp = 0.89	1 HP = 0.75 kW
	1 kW = 1.34 HP
	1 ft <sup>2</sup> = 0.0929 m <sup>2</sup>

PERHITUNGAN PEMILIHAN PROPELLER MAIN ENGINE
---

#### 1. Diameter Max Propeller

Dimana :  
 $T = \text{Sarat Kapal (m)} = 1.50$

$D_{\text{max propeller}} = 0.7 \times 1.05$   
 $1.05 \text{ m}$

Diameter yang diperbolehkan =  $D_{\text{max propeller}} - 0.08 D_{\text{max propeller}}$

**Diameter yang diperbolehkan = 0.966 m**

#### 2. Putaran Propeller (N Propeller) OPEN WATER TEST

N Propeller = Speed Engine / Ratio Gear Box

Dimana :

Speed engine = 2550 rpm

N Propeller = 1256 rpm (Keadaan 100% BHP MCR)

Ratio GB = 2.03

$N = \frac{94,7 \% \times \text{Rpm Engine Yang Dipilih}}{\text{Ratio Gear Box Yang Dipilih}}$  (Keadaan 85% BHP MCR)

N = 1189.58 rpm

### 3. Advance Velocity ( $V_a$ )

$$V_a = V_s \times (1 - w)$$

Dimana nilai Wake Friction ( $w$ ) bisa didapatkan menggunakan tabel Resistance, Propulsion and Steering of Ships, Van Lammeren, hal 146.

Dimana :

$V_a$  = Velocity Advance (knot)

$w$  = Wake Friction

$V_s$  = Kecepatan dinas kapal (knot)

**Table 4—Values of Wake Fraction from Taylor**

Block coefficient $C_b$	Wake fraction (Taylor)	
	Twin-screw ships	Single-screw ships
0.50	-0.038	0.230
0.55	-0.021	0.234
0.60	+0.007	0.243
0.65	0.045	0.260
0.70	0.091	0.288
0.75	0.143	0.314
0.80	—	0.354
0.85	—	0.400
0.90	—	0.477

NO	CB	SINGLE SCREW
	A	B
1	0.85	0.40
2	0.88	
3	0.90	0.47

$$w = \frac{1B + [(2A - 1A) \times (3B - 1B)]}{(3A - 1A)}$$

$$w = 0.442$$

$$V_a = V_s \times (1 - w)$$

$$V_a = 5.02 \text{ knot}$$

$$V_a = 2.58 \text{ m/s}$$

### 4. BP - d Diagram

A. Memprediksi jenis - jenis propeller yang mungkin digunakan, seperti : B3, B4 , B5

B. Menghitung BP1

$$B_{P1} = N_{prop} \times SHP^{0.5} / V_a^{2.5}$$

Dimana :  $SHP = DHP$  = 119 HP

$V_a$  = 2.6 knot

$N_{propeller}$  = 1,189.6 rpm

$$B_{P1} = N_{prop} \times SHP^{0.5} / V_a^{2.5}$$

$$B_{P1} = 1210.80692$$

$$0.1739 \sqrt{B_{P1}} = 0.56$$

$$\delta o = (1/I_o) / 0.000988 \quad (\text{Untuk mencari nilai } \delta o = \text{koefisien taylor advance})$$

$$Do = \delta o \times (V_a / N) \quad (\text{Diameter propeler pada kondisi open water})$$

$$Db \text{ single screw} = 0.96 \times Do \text{ (ft)}$$

$$Db \text{ double screw} = 0.98 \times Do \text{ (ft)}$$

Langkah berikutnya adalah memotongkan nilai  $0.1739 \sqrt{B_{P1}} = 0.99$  dengan optimum line, dan didapatkan nilai dari  $P/Do$  dan  $1/I_o$

C. Setelah itu membaca diagram Bp dan di dapatkan P/Do dan 1/Jo (KONDISI OPEN WATER)

Type	P/Do	1/Jo	$\delta_o$	Do(ft)	Db(ft)	Db(m)	Dmax(m)	Db<Dmax
B3-35	0.930000	1.385000	1402.5316	2.8843	2.7690	0.844	0.966	Ya
B3-50	0.910000	1.410000	1427.8481	2.9364	2.8189	0.859	0.966	Ya
B3-65	0.970000	1.340000	1356.9620	2.7906	2.6790	0.817	0.966	Ya
B3-80	1.080000	1.285000	1301.2658	2.6761	2.5690	0.783	0.966	Ya
B4-40	1.000000	1.300000	1316.4557	2.7073	2.5990	0.792	0.966	Ya
B4-55	0.990000	1.330000	1346.8354	2.7698	2.6590	0.810	0.966	Ya
B4-70	1.000000	1.330000	1346.8354	2.7698	2.6590	0.810	0.966	Ya
B4-85	1.060000	1.280000	1296.2025	2.6657	2.5590	0.780	0.966	Ya
B4-100	1.140000	1.000000	1012.6582	2.0826	1.9993	0.609	0.966	Ya
B5-45	1.080000	1.250000	1265.8228	2.6032	2.4991	0.762	0.966	Ya
B5-60	1.050000	1.270000	1286.0759	2.6448	2.5391	0.774	0.966	Ya
B5-75	1.050000	1.260000	1275.9494	2.6240	2.5191	0.768	0.966	Ya
B5-90	1.085000	1.250000	1265.8228	2.6032	2.4991	0.762	0.966	Ya
B5-105	1.135000	1.220000	1235.4430	2.5407	2.4391	0.743	0.966	Ya
B6-50	1.130000	1.200000	1215.1899	2.4991	2.3991	0.731	0.966	Ya
B6-65	1.100000	1.230000	1245.5696	2.5615	2.4591	0.750	0.966	Ya
B6-80	1.115000	1.225000	1240.5063	2.5511	2.4491	0.746	0.966	Ya
B6-95	1.150000	1.200000	1215.1899	2.4991	2.3991	0.731	0.966	Ya

D. Menentukan nilai  $\delta_b$ , P/Db,  $\eta_b$  (Diameter Propeller behind the ship)

Nilai Db muncul karena efek perbedaan aliran air pada open water test dengan kondisi pada saat propeller dipasang di lambung kapal.

$$\delta_b = (D_{bx}N)/V_a$$

$$1/Jb = 0.009875 \times \delta_b$$

Type	$\delta_b$	1/Jb	P/Db	$\eta_b$
B3-35	1346.4304	13.296	0.950	0.730
B3-50	1370.7342	13.536	0.940	0.709
B3-65	1302.6835	12.864	1.010	0.688
B3-80	1249.2152	12.336	1.101	0.660
B4-40	1263.7975	12.480	1.043	0.702
B4-55	1292.9620	12.768	1.020	0.701
B4-70	1292.9620	12.768	1.030	0.701
B4-85	1244.3544	12.288	1.085	0.680
B4-100	972.1519	9.600	1.170	0.667
B5-45	1215.1899	12.000	1.100	0.690
B5-60	1234.6329	12.192	1.070	0.698
B5-75	1224.9114	12.096	1.080	0.690
B5-90	1215.1899	12.000	1.110	0.689
B5-105	1186.0253	11.712	1.170	0.675
B6-50	1166.5823	11.520	1.160	0.685
B6-65	1195.7468	11.808	1.130	0.692
B6-80	1190.8861	11.760	1.140	0.695
B6-95	1166.5823	11.520	1.180	0.690

E. Perhitungan Kavitas

Perhitungan kavitas perlu dilakukan dengan tujuan untuk memastikan suatu propeller bebas dari kavitas yang menyebabkan kerusakan fatal terhadap propeller. Perhitungan kavitas ini dihitung dengan menggunakan Diagram Burril's.

1 Menentukan nilai  $\sigma_{0.7R}$

$$\sigma_{0,7R} = (1,882 + 19,62(h)) / V a^2 + 4,836 n^2 D^2$$

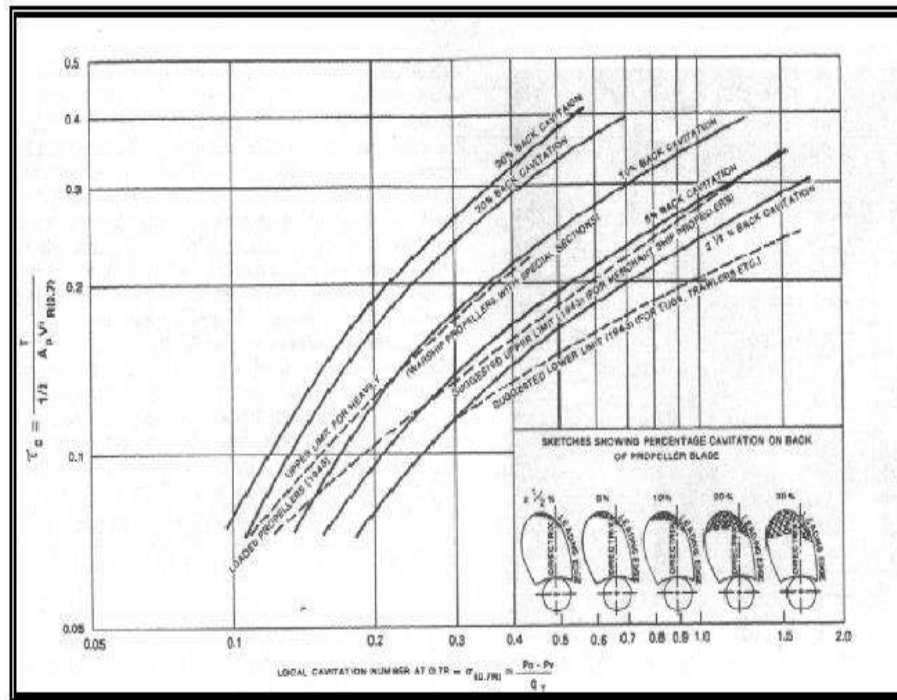
(Principles naval architecture, hal 182, pers 61)

Dimana :

$$h = \text{Jarak antara Center poros dengan sarat}$$

$$= 0,75 \text{ m diperoleh dari gambar lines plan}$$

Nilai  $\sigma_{0,7R}$  ini digunakan untuk mengetahui nilai angka kavitasi pada diagram burrill dipotongkan dengan kurva merchant ship propeller.



## 2 Menghitung Kavitasi

Beberapa rumus yang digunakan untuk menghitung kavitasi

$A_o =$	$\prod (D/2)^2$
$A_e =$	$A_o \times (A_e/A_o)$
$A_p =$	$A_D \times (1.067 - 0.229 \times P/D)$
$Vr^2 =$	$V_a^2 + (0.7 \prod n D)^2$
$T =$	$R_t / (1-t)$
$tC =$	$T / (AP \cdot 0.5 \rho V_r^2)$
$\tau C =$	$0.1079 \times \ln(\sigma_{0.7R}) + 0.2708$

Disk Area / Area of tip circle

Projected Area of blade

Thrust coefficient

$$\sigma 0.7R = \frac{1882 + 1962h}{Va^2 + (4,836 \times n^2 \times D^2)}$$


Sumber : Resistance, Propulsion and Steering of Ships, Van Lammeren hal. 181,  
HARVALD, Tahanan dan Propulsi Kapal hal 140, 183, 199

Type	Ae/Ao	Ao(ft2)	Ae atau AD(ft2)	Ap(ft2)	Ap(m2)	Va(m/s)	N(rps)
B3-35	0.35	6.024	2.1085	1.7910	0.1664	2.583	20.9360
B3-50	0.50	6.244	3.1218	2.6590	0.2470	2.583	20.9360
B3-65	0.65	5.639	3.6654	3.0632	0.2846	2.583	20.9360
B3-80	0.80	5.186	4.1485	3.3805	0.3141	2.583	20.9360
B4-40	0.40	5.307	2.1230	1.7582	0.1633	2.583	20.9360
B4-55	0.55	5.555	3.0554	2.5464	0.2366	2.583	20.9360
B4-70	0.70	5.555	3.8887	3.2320	0.3003	2.583	20.9360
B4-85	0.85	5.145	4.3736	3.5799	0.3326	2.583	20.9360
B4-100	0.10	3.141	0.3141	0.2509	0.0233	2.583	20.9360
B5-45	0.45	4.907	2.2082	1.7999	0.1672	2.583	20.9360
B5-60	0.60	5.065	3.0392	2.4981	0.2321	2.583	20.9360
B5-75	0.75	4.986	3.7394	3.0651	0.2847	2.583	20.9360
B5-90	0.90	4.907	4.4163	3.5896	0.3335	2.583	20.9360
B5-105	1.05	4.674	4.9080	3.9219	0.3643	2.583	20.9360
B6-50	0.500	4.522	2.2612	1.8120	0.1683	2.583	20.9360
B6-65	0.650	4.751	3.0883	2.4961	0.2319	2.583	20.9360
B6-80	0.800	4.713	3.7702	3.0385	0.2823	2.583	20.9360
B6-95	0.950	4.522	4.2962	3.4231	0.3180	2.583	20.9360

Type	Db (m)	Vr <sup>2</sup>	Thrust(kN)	tc Hitungan	σ 0.7R	τC	Cavitation	P/Db	ηb
B3-35	0.844	1517.78	20.554	0.0159	0.1338	0.0538	No Cavitation	0.9500	0.7300
B3-50	0.859	1572.83	20.554	0.0103	0.1291	0.0499	No Cavitation	0.9400	0.7090
B3-65	0.817	1421.18	20.554	0.0099	0.1429	0.0609	No Cavitation	1.0100	0.6880
B3-80	0.783	1307.45	20.554	0.0098	0.1553	0.0699	No Cavitation	1.1010	0.6600
B4-40	0.792	1338.00	20.554	0.0184	0.1518	0.0674	No Cavitation	1.0430	0.7020
B4-55	0.810	1400.15	20.554	0.0121	0.1450	0.0625	No Cavitation	1.0200	0.7010
B4-70	0.810	1400.15	20.554	0.0095	0.1450	0.0625	No Cavitation	1.0300	0.7010
B4-85	0.780	1297.35	20.554	0.0093	0.1565	0.0707	No Cavitation	1.0850	0.6800
B4-100	0.609	794.44	20.554	0.2165	0.2556	0.1236	Cavitation	1.1700	0.6670
B5-45	0.762	1237.56	20.554	0.0194	0.1641	0.0758	No Cavitation	1.1000	0.6900
B5-60	0.774	1277.26	20.554	0.0135	0.1590	0.0724	No Cavitation	1.0700	0.6980
B5-75	0.768	1257.33	20.554	0.0112	0.1615	0.0741	No Cavitation	1.0800	0.6900
B5-90	0.762	1237.56	20.554	0.0097	0.1641	0.0758	No Cavitation	1.1100	0.6890
B5-105	0.743	1179.18	20.554	0.0093	0.1722	0.0810	No Cavitation	1.1700	0.6750
B6-50	0.731	1141.05	20.554	0.0209	0.1780	0.0846	No Cavitation	1.1600	0.6850
B6-65	0.750	1198.48	20.554	0.0144	0.1694	0.0793	No Cavitation	1.1300	0.6920
B6-80	0.746	1188.81	20.554	0.0120	0.1708	0.0801	No Cavitation	1.1400	0.6950
B6-95	0.731	1141.05	20.554	0.0111	0.1780	0.0846	No Cavitation	1.1800	0.6900

PROPELLER YANG DAPAT DI PILIH

No	Type	Diameter(m)	N(rpm)	P/Db	$\eta_b$	Ae/Ao	$l/j$	Z
1	B3-35	0.844	1189.58	0.9500	0.7300	0.3500	13.2960	3
2	B3-50	0.859	1189.58	0.9400	0.7090	0.5000	13.5360	4
3	B4-85	0.7799964	1189.58	1.0850	0.6800	0.8500	12.2880	4
4	B5-75	0.7678089	1189.58	1.0800	0.6900	0.7500	12.0960	5
5	B5-90	0.7617152	1189.58	1.1100	0.6890	0.9000	12.0000	5
6	B5-105	0.743434	1189.58	1.1700	0.6750	1.0500	11.7120	5
7	B6-80	0.7464809	1189.58	1.1400	0.6950	0.8000	11.7600	6
8	B6-95	0.7312466	1189.58	1.1800	0.6900	0.9500	11.5200	6

 <div>ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember</div>	PROPELLER DAN SISTEM PERPOROSAN		Project Doc. No. Ship      RORO BARGE Name Revisi    :	
DATA UTAMA KAPAL YANG DI RANCANG				
LPP    =    15.00    m	Vs	=	9    knot	=      4.63    m/s
Lwl    =    15.45    m				
Ldisp   =   15.23    m				
B       =    7.00    m				
H       =    2.10    m	$v_{air\ laut} (15^{\circ})=$	=	1.19E-06    m <sup>2</sup> /s	(1,1883 x 10 <sup>-6</sup> )
T       =    1.50    m	g	=	9.81    m/s <sup>2</sup>	
Cm      =    1.00	$\rho\ air\ laut$	=	1.025   ton/m <sup>3</sup>	=      1025   kg/m <sup>3</sup>
Cp       =    0.80				
L/B     =    2.14				
B/T     =    4.67				
Cwp    =    0.92				
Fn      =    -				
DATA NSP DIAGRAM		KONVERSI SATUAN		
$\beta(Cm)$ =    1.00	1 m	=	3.28    ft	
$\delta(Cb)$ =    0.88	1 knot	=	0.51    m/s	
$\varphi(Cp)$ =    0.88	1 mil laut	=	1.85    km	=      1,852.00    m
e %       =    1.45    %	1 m <sup>2</sup> /s	=	10.37   ft <sup>2</sup> /s	
Cbwl      =    0.87	1 m/s	=	3.60    km/jam	
Cblpp     =    0.89	1 HP	=	0.75    kW	
	1 kW	=	1.34    HP	
KOREKSI DAYA MESIN 1				

#### 1. EFFECTIVE HORSE POWER (EHP)

Daya yang diperlukan untuk menggerakkan kapal di air atau untuk menarik kapal dengan kecepatan v. Perhitungan daya menurut buku HARVALD,TAHANAN DAN PROPULSI KAPAL, 6.2.1 hal. 135 sebagai berikut :

Diketahui data sebagai berikut :

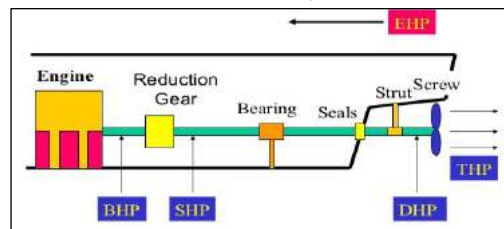
$$Vs = 4.63 \text{ m/s}$$

$$Rts = 12.30 \text{ kN}$$

$$EHP = R_{t_{dinas}} \times Vs \text{ kW}$$

$$EHP = 56.94 \text{ kW}$$

$$EHP = 76.4 \text{ HP}$$



#### 2. DELIVERY HORSE POWER (DHP)

Daya yang diserap oleh propeller dari sistem perporosan atau daya yang dihantarkan oleh sistem perporosan ke propeller untuk diubah menjadi daya dorong (thrust)

$$DHP = EHP/P_c$$

$$\text{Dimana : } P_c = \eta_H \times \eta_{rr} \times \eta_o$$

##### 2.a. Effisiensi Lambung ( $\eta_H$ )

$$\eta_H = (1-t)/(1-w)$$

##### 2.a.1 Menghitung Wake Friction (w)

Wake friction atau arus ikut merupakan perbandingan antara kecepatan kapal dengan kecepatan air yang menuju ke propeller.

Dengan menggunakan tabel yang diberikan oleh Taylor, maka didapat :

 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	<b>PROPELLER DAN SISTEM PERPOROSAN</b>	<b>Project</b> <b>Doc. No.</b> <b>Ship Name</b> <b>RORO BARGE</b> <b>Revisi</b> :
--	--	--

Tabel 8. Tabel Nilai Wake Fraction Dari Taylor

No	Block Coefficient	Wake Fraction (Taylor)	
		Twin-screw ship	Single-screw ship
1	0.5	-0.038	0.230
2	0.55	-0.021	0.234
3	0.6	+0.007	0.243
4	0.65	0.045	0.260
5	0.70	0.091	0.283
6	0.75	0.143	0.314
7	0.80	-	0.354
8	0.85	-	0.400
9	0.90	-	0.477

(Principal of Naval Architecture hal 158 )

Pada perencanaan ini nilai  $cb_{wl} = 0.71$  dan kapal yang memiliki sistim perporosan tipe single screw. Nilai  $cb_{wl}$  tersebut apabila dilihat dari tabel berada diantara  $cb = 0.70$  dan  $cb = 0.75$ , sehingga perlu dilakukan metode interpolasi untuk mendapatkan nilai wake fraction pada  $cb_{wl} = 0.71$  dengan single-screw. Adapun cara perhitungannya dijelaskan sebagai berikut :

$$cb_{wl} = 0.87 \text{ ( single-screw ships)}$$

No	(A)	(B)
	cb	w
1	0.85	0.40
2	0.88	
3	0.90	0.47

$$w = 1B + \left[ \frac{(2A - 1A) \times (3B - 1B)}{3A - 1A} \right]$$

$$w = 0.44$$

#### 2.a.2 Menghitung Thrust Deduction Factor (t)

Nilai t dapat dicari dari nilai w yang telah diketahui yaitu :

$$t = k \times w$$

Dimana : Nilai k antara 0,7 ~ 0,9

(Principal of Naval Architecture hal 159 )

$$k = 0.9$$

$$t = 0.40$$

#### 2.a.3 Effisiensi Lambung ( $\eta_H$ )

$$\eta_H = (1-t)/(1-w)$$

$$\text{Dimana : } t = 0.40$$

$$w = 0.44$$

$$\eta_H = 1.08$$



 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	<b>PROPELLER DAN SISTEM PERPOROSAN</b>	<b>Project</b> <b>Doc. No.</b> <b>Ship Name</b> <b>RORO BARGE</b> <b>Revisi</b> :
---	--	--

#### 2.b. Efisiensi Relatif Rotatif ( $\eta_{rr}$ )

Harga  $\eta_{rr}$  untuk kapal dengan propeller tipe single screw berkisar 1.0-1.1. (Principal of Naval Architecture hal 152 ) pada perencanaan propeller dan tabung poros propeller ini diambil harga :

$$\eta_{rr} = 1.10$$

#### 2.c. Efisiensi Propulsi ( $\eta_o$ )

Adalah open water efficiency yaitu efficiency dari propeller pada saat dilakukan open water test. Nilainya antara 40 - 70%, dan diambil : propeller dan tabung poros propeller ini diambil harga :

$$\eta_o = 73.00\%$$

#### 2.d. Coefficient Propulsif ( $P_c$ )

$$P_c = \eta_H \times \eta_{rr} \times \eta_o$$

$$P_c = 0.867$$

#### 2.e. Delivery Horse Power

Maka daya pada tabung poros baling-baling dihitung dari perbandingan antara daya efektif dengan koefisien propulsif yaitu :  
Dimana :  $EHP =$  Effective Horse Power (HP)

$$DHP = EHP / P_c$$

$$DHP = 88.12 \text{ HP}$$

$$DHP = 65.71 \text{ kW}$$

#### 4. THRUST HORSE POWER (THP)

Dimana :  $EHP =$  Effective Horse Power (HP)

$$THP = EHP / \eta_h$$

$$THP = 70.76 \text{ HP}$$

$$THP = 52.76 \text{ kW}$$

#### 5. SHAFT HORSE POWER (SHP)

Untuk kapal yang kamar mesinnya terletak di bagian belakang akan mengalami losses sebesar 2%, sedangkan pada kapal yang kamar mesin pada daerah midship kapal mengalami losses sebesar 3% ("Principal of Naval Architecture hal 131"). Pada perencanaan ini, kamar mesin terletak dibagian belakang, sehingga losses yang terjadi hanya 2%. Bekerja 98%

$$SHP = DHP / \eta_s \quad \text{HP}$$

$$\eta_s = 0.98 \quad (\text{Losses sebesar } 2\%)$$

$$\text{Dimana : } DHP = 88.1 \text{ HP}$$

$$SHP = 89.92 \text{ HP}$$

$$SHP = 67.05 \text{ kW}$$

#### 6. MENGHITUNG DAYA PENGGERAK UTAMA YANG DIBUTUHKAN

##### 6.a. BHP SCR

Adanya pengaruh efisiensi roda sistem gigi transmisi ( $\eta_G$ ), pada tugas ini memakai sistem roda gigi , sehingga  $\eta_G = 0.98$

 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	<b>PROPELLER DAN SISTEM PERPOROSAN</b>	Project Doc. No. Ship <b>RORO BARGE</b> Name Revisi :
--	--	---

**BHP<sub>scr</sub> = SHP / Effisiensi Gearbox**

1

Dimana :

$$\eta_g = 0.98$$

$$\text{SHP} = 91.751 \text{ HP}$$

$$\text{BHP}_{\text{scr}} = 89.92 \text{ HP}$$

$$\text{BHP}_{\text{scr}} = 67.05 \text{ kW}$$

1

#### 6.B. BHP MCR

Daya keluaran pada kondisi maksimum dari motor induk.

Karena terdapat engine margin maka daya minimum yang dibutuhkan untuk menggerakkan kapal saat Vs bernilai 0,8 - 0,9 dari daya mesin saat kondisi maksimum (D Stapersma & Hk Woud (2005) Matching propulsion engine with propulsor, Journal of Marine Engineering & Technology, Hal 29)


$$\text{Daya BHP}_{\text{scr}} \text{ diambil } 85.00\%$$

$$\text{BHP}_{\text{MCR}} = \text{BHP}_{\text{scr}} / 0.85$$

$$\text{BHP}_{\text{MCR}} = 105.78 \text{ HP}$$

$$\text{BHP}_{\text{MCR}} = 79 \text{ kW}$$

DAYA PADA MESIN 1		KETERANGAN
167.63	HP	Daya Terpenuhi
125.00	kW	


 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember		<b>PROPELLER DAN SISTEM PERPOROSAN</b>		<b>Project</b> <b>Doc. No.</b> <b>Ship</b> <b>RORO BARGE</b> <b>Name</b> <b>Revisi</b> :	
<b>DATA UTAMA KAPAL YANG DI RANCANG</b>					
LPP = 15.00 m	Vs = 9 knot = 4.63 m/s				
Lwl = 15.45 m					
Ldisp = 15.23 m					
B = 7.00 m					
H = 2.10 m	$v_{air\ laut} (15^{\circ}) = 1.19E-06 \text{ m}^2/\text{s} \quad (1,1883 \times 10^{-6})$				
T = 1.50 m	$g = 9.81 \text{ m/s}^2$				
Cm = 1.00	$\rho = 1.025 \text{ ton/m}^3 = 1025 \text{ kg/m}^3$				
Cp = 0.80					
L/B = 2.14					
B/T = 4.67					
Cwp = 0.92					
Fn = -					
<b>DATA NSP DIAGRAM</b>		<b>KONVERSI SATUAN</b>			
$\beta(Cm) = 1.00$	1 m = 3.28 ft				
$\delta(Cb) = 0.88$	1 knot = 0.51 m/s				
$\varphi(Cp) = 0.88$	1 mil laut = 1.85 km = 1,852.0 m				
$e \% = 1.45 \%$	1 m <sup>2</sup> /s = 10.37 ft <sup>2</sup> /s				
Cbwl = 0.87	1 m/s = 3.60 km/jam				
Cblpp = 0.89	1 HP = 0.75 kW				
	1 kW = 1.34 HP				
<b>ENGINE PROPELLER MATCHING (ENGINE 1)</b>					

#### 1. DATA PEMILIHAN PROPELLER

Type	Diameter (m)	N(rps)	P/Db	ηb	Ae/Ao	1/j	Z
B3-35	0.84398	19.826355	0.95	0.73	0.35	13.296	3

#### 2. DATA MAIN ENGINE

Pemilihan Main Engine	Engine 1
	YANMAR
Type	6CH-HTE3/WUTE
Cycle	6 stroke
Cylinder Number	6
Power (kW)	170
Power (HP)	228
Cylinder Bore (mm)	105
Piston Stroke (mm)	125
DIMENSI (mm)	
Length (mm)	1600
Width (mm)	736
Height (mm)	1096
Weight (ton)	216
Rotation (rpm)	2550.0
SFOC (g/kwH)	171
SLOC (g/kwH)	0.7
Fuel	HFO,MDO
Ratio Gear Box	3.857

 ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember	<b>PROPELLER DAN SISTEM PERPOROSAN</b>	<b>Project</b> <b>Doc. No.</b> <b>Ship</b> <b>RORO BARGE</b> <b>Name</b> <b>Revisi</b> :
--	--	--

### 3. DATA PERHITUNGAN SEBELUMNYA

- a.  $R_{t\text{clean hull}} = 9.10 \text{ kN}$  (Tanpa sea margin (tahanan kapal masih baru))
- b.  $R_{t\text{rough hull}} = 10.47 \text{ kN}$  (Tahanan dengan sea margin (lambung kapal sudah terdapat fouling))
- c.  $S = 135.23 \text{ m}^2$  (Luasan Permukaan Basah Bdan Kapal)
- d.  $V_a = 2.58 \text{ knot} = 1.33 \text{ m/s}$
- e.  $t = 0.40$  (trust deduction factor)
- f.  $T = R_{t\text{rough hull}} / (1-t) \text{ kN}$  (Thrust of propeller)  
 $T = 17.4919 \text{ kN}$
- g.  $w = 0.45$  (wake friction)

Keterangan:

- $\alpha$  = Konstanta, dimana  $\alpha$  adalah  $= 0.5 \times \rho \times C_t \times S$
- $\beta$  = Konstanta
- $KT$  = Koefisien Gaya Dorong (thrust) Baling-baling
- $J$  = Koefisien Gaya Advanced Baling-baling
- $KQ$  = Koefisien Torsi Baling-Baling
- $Q$  = Torsi

### 4. PERHITUNGAN ALFA ( $\alpha$ )

$$R_t = 0.5 \times \rho \times C_t \times S \times v_s^2$$

$$R_t = \alpha \times v_s^2$$

$$\alpha = R_t / v_s^2$$

Dimana :

$$R_t = \text{N}$$

$$v_s = \text{m/s}$$

Vs (knot)	Vs (m/s)	$R_{t\text{clean hull}}$ (N)	$R_{t\text{rough hull}}$ (N)
9.00	4.63	9,102	10,468

**$\alpha$  Clean Hull dan  $\alpha$  Rough Hull**

**PADA VARIASI KECEPATAN**

$$\alpha = R_t / v_s^2$$

Vs (knot)	Vs (m/s)	$\alpha_{\text{Clean Hull}}$	$\alpha_{\text{Rough Hull}}$
9.00	4.63	424.7	488.4

### 3. PERHITUNGAN BETA ( $\beta$ )


$$\beta = \alpha / \{(1-t) (1-w)^2 \times \rho \times D^2\}$$

Dimana :

$$\rho \text{ air laut} = \text{kg/m}^3$$

**$\beta$  Clean Hull dan  $\beta$  Rough Hull**

Vs (knot)	Vs (m/s)	$\beta_{\text{Clean Hull}}$	$\beta_{\text{Rough Hull}}$
9.00	4.63	3.16926	3.64465

 ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember	<b>PROPELLER DAN SISTEM PERPOROSAN</b>	<b>Project</b> <b>Doc. No.</b> <b>Ship</b> <b>RORO BARGE</b> <b>Name</b> <b>Revisi</b> :
---	--	--

#### 4. HULL - PROPELLER MATCHING

KT ditentukan dengan rumus  $KT = \beta \times J^2$ , dimana  $\beta$  pada setiap variasi kecepatan kapal yang telah diketahui untuk masing-masing kondisi (clean hull dan rough hull).

$$K_T = \beta \cdot J^2$$

$$J = \frac{V_a}{nD}$$

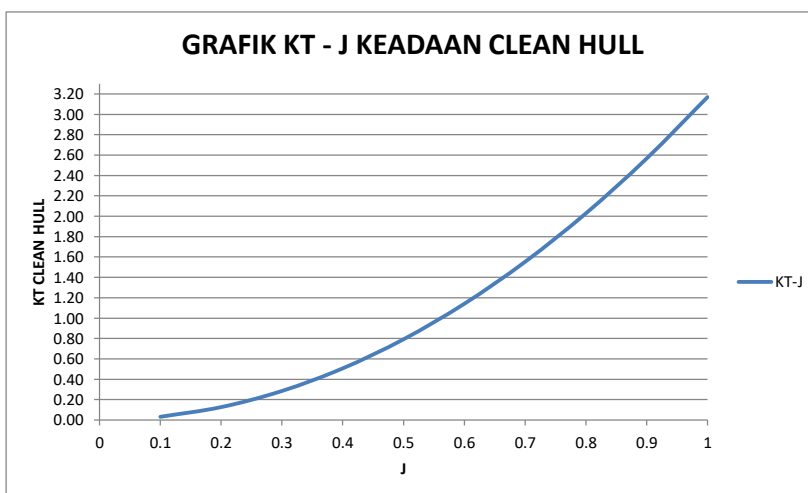
$$V_a = V_s \times (1 - w)$$


Untuk mengetahui perpotongan pada diagram perlu dilakukan Perhitungan KT pada tiap-tiap kecepatan dengan J antara 0-1 pada keadaan trial dan service

**TABEL KT <sub>Clean Hull</sub> DENGAN VARIASI J 0,1 S.D 1**

$$K_T = \beta \cdot J^2$$

J	KT-J
0.1	0.03169
0.2	0.12677
0.3	0.28523
0.4	0.50708
0.5	0.79232
0.6	1.14093
0.7	1.55294
0.8	2.02833
0.9	2.56710
1	3.16926

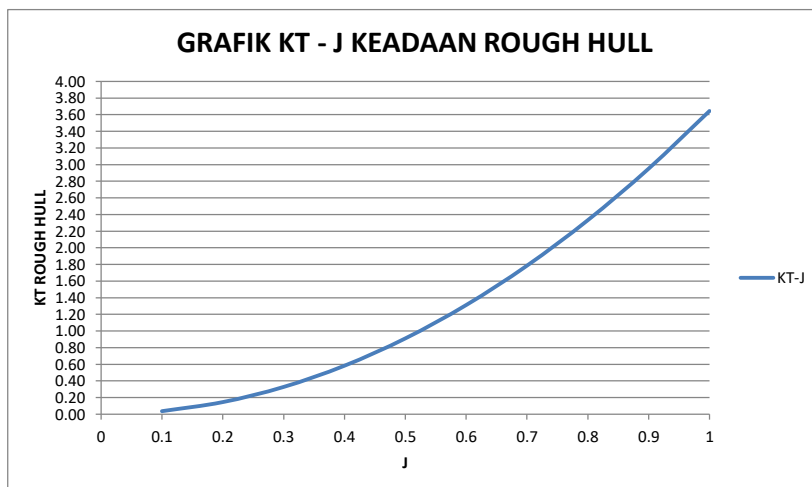


 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	<b>PROPELLER DAN SISTEM PERPOROSAN</b>	<b>Project</b>	
		<b>Doc. No.</b>	
		<b>Ship</b>	<b>RORO BARGE</b>
		<b>Name</b>	
		<b>Revisi</b>	:

**TABEL KT<sub>ROUGH HULL</sub> DENGAN VARIASI J 0,1 S.D 1**

$$K_T = \beta \cdot J^2$$

J	KT-J
0.1	0.03645
0.2	0.14579
0.3	0.32802
0.4	0.58314
0.5	0.91116
0.6	1.31207
0.7	1.78588
0.8	2.33258
0.9	2.95217
1	3.64465




Dengan demikian, semakin besar nilai J (pembebanan), maka nilai KT (koefisien thrust) akan semakin besar pula.

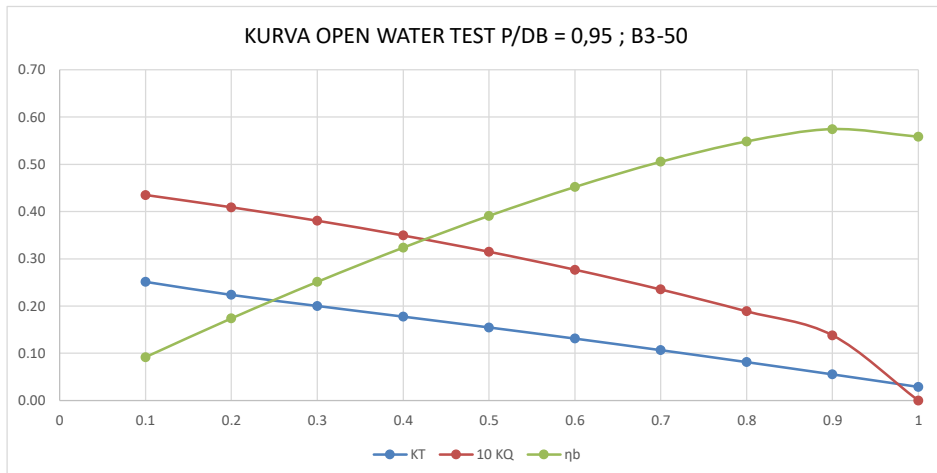
##### 5. MENENTUKAN DIAGRAM KT - KQ - J (OPEN WATER TEST)

Pembuatan diagram KT - KQ - J dilakukan dengan cara interpolasi pada diagram open water test tipe propeller dengan

P/D = 0.95 sehingga didapatkan data KT, KQ, dan  $\eta$  adalah sebagai berikut :

B3-35			
P/Db	0.950		
J	KT	10 KQ	$\eta_b$
0.1	0.251	0.435	0.092
0.2	0.224	0.409	0.174
0.3	0.200	0.381	0.251
0.4	0.178	0.349	0.324
0.5	0.155	0.315	0.391
0.6	0.131	0.277	0.452
0.7	0.107	0.235	0.505
0.8	0.081	0.189	0.548

 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember		<b>PROPELLER DAN SISTEM PERPOROSAN</b>		<b>Project</b> <b>Doc. No.</b> <b>Ship</b> <b>RORO BARGE</b> <b>Name</b> <b>Revisi</b> :
0.9	0.055	0.138	0.574	
1	0.029	0.0000	0.558	



## 6. PENCOCOKAN ENGINE DAN PROPELLER

Untuk mendapatkan nilai KT, KQ, J, dan efisiensi dari kurva variasi kecepatan cukup dengan menarik garis lurus ke sumbu J dari perpotongan antara kurva variasi kecepatan dengan kurva KT. Dari nilai J bisa didapat rpm propeller pada kecepatan tertentu dari nilai KT bisa didapat thrust yang dihasilkan dan dari KQ bisa mendapatkan nilai Q.

- A. Perhitungan putaran propeller  
Perhitungan propeller dilakukan dengan menggunakan rumus J  

$$J = V_a / N d$$

$$n = V_a / J D \text{ rps}$$
- B. Perhitungan nilai Q  

$$Q = KQ \times \rho \times D^5 \times n^2$$
- C. Perhitungan Torsi  

$$T = KT \times \rho \quad (n = \text{rps})$$
- D. Perhitungan DHP  

$$DHP = 2\pi \times Q \times n$$
- E. Perhitungan SHP  

$$SHP = \frac{DHP}{0.98}$$
- F. Perhitungan BHP  

$$BHP = \frac{SHP}{0.98}$$

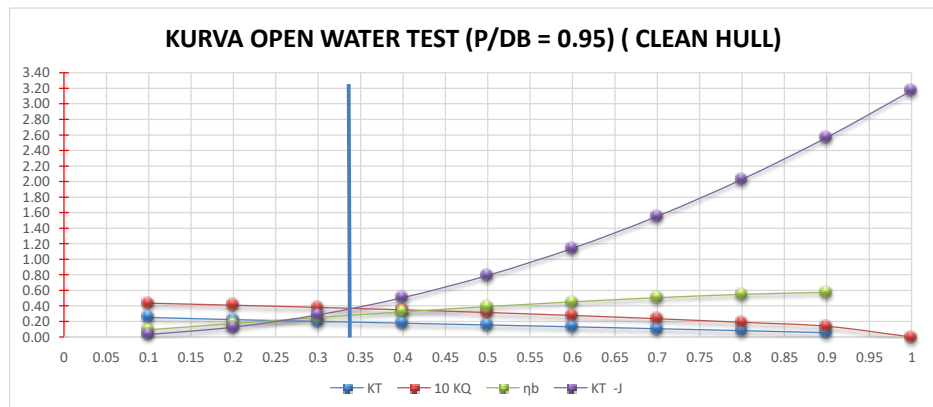


# PROPELLER DAN SISTEM PERPOROSAN

Project  
Doc. No.  
Ship RORO BARGE  
Name  
Revisi :

TABEL KT TRIAL DENGAN VARIASI J DAN KT,10 KQ ,  $\eta_b$  (P/DB = 0.950) ( CLEAN HULL)

KEADAAN TRIAL (CLEAN HULL)				
J	KT -J	P/DB = 0.950		
		KT	10 KQ	$\eta_b$
0.1	0.03169	0.2512	0.4350	0.0919
0.2	0.12677	0.2235	0.4090	0.1739
0.3	0.28523	0.2002	0.3805	0.2511
0.4	0.50708	0.1776	0.3493	0.3236
0.5	0.79232	0.1547	0.3149	0.3908
0.6	1.14093	0.1311	0.2769	0.4519
0.7	1.55294	0.1066	0.2350	0.5053
0.8	2.02833	0.0814	0.1889	0.5483
0.9	2.56710	0.0554	0.1380	0.5744
1	3.16926	0.0288	0.0000	0.5583



TABEL PEMBACAAN KT TRIAL DENGAN VARIASI J DAN KT,10 KQ ,  $\eta_b$  (P/DB = 0.923) (CLEAN HULL)

Vs	J	Va(m/s)	N prop(rps)	N prop(rpm)	N mesin(rp m)	KT	T(kN)
9.00	0.300	1.32886	5.24838	314.9	661.1	0.20000	2.8651

Vs	KQ	Q(kN)	DHP(kW)	SHP(kW)	BHP(kW)	$\eta_b$
9	0.0400	0.5	15.95	16.28	16.61	0.3000

TABEL KT SERVICE DENGAN VARIASI J DAN KT,10 KQ ,  $\eta_b$  (P/DB = 0.95) ( ROUGH HULL)

KEADAAN SERVICE (ROUGH HULL)				
J	KT-J	P/DB = 0.950		
		KT	10 KQ	$\eta_b$
0.1	0.03645	0.2512	0.4350	0.0919
0.2	0.14579	0.2235	0.4090	0.1739
0.3	0.32802	0.2002	0.3805	0.2511
0.4	0.58314	0.1776	0.3493	0.3236
0.5	0.91116	0.1547	0.3149	0.3908
0.6	1.31207	0.1311	0.2769	0.4519

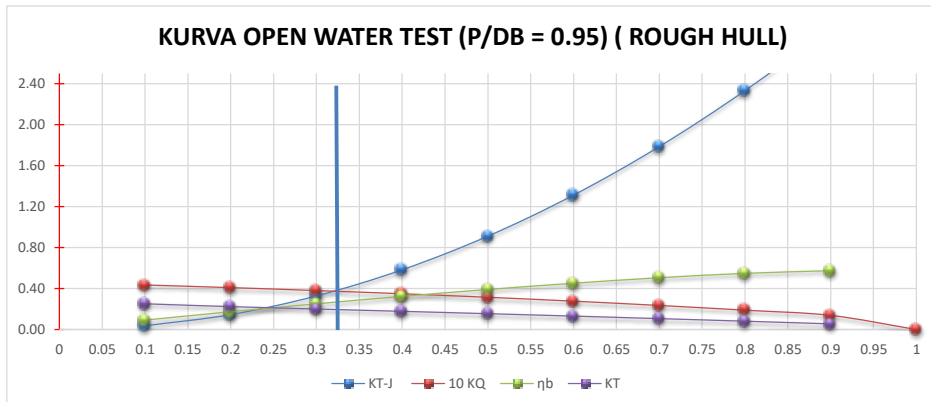





# PROPELLER DAN SISTEM PERPOROSAN

Project  
Doc. No.  
Ship RORO BARGE  
Name  
Revisi :

0.7	1.78588	0.1066	0.2350	0.5053
0.8	2.33258	0.0814	0.1889	0.5483
0.9	2.95217	0.0554	0.1380	0.5744
1	3.64465	0.0288	0.0000	0.5583



 <b>ITS</b> <small>INSTITUT TEKNOLOGI SURABAYA</small>	<b>PROPELLER DAN SISTEM PERPOROSAN</b>	<b>Project</b> <b>Doc. No.</b> <b>Ship</b> <b>RORO BARGE</b> <b>Name</b> <b>Revisi</b> :
--	--	--

**TABEL PEMBACAAN KT SERVICE DENGAN VARIASI J DAN KT,10 KQ,  $\eta_b$  (P/DB = 0.95) ( ROUGH HULL)**

Vs	J	Va(m/s)	N prop(rps)	N prop(rpm)	N mesin(rp m)	KT	T(kN)
9	0.33	1.33	4.77	286.28	661.14	0.18	2.13

Vs	KQ	Q(kN)	DHP(kW)	SHP(kW)	BHP(kW)	$\eta_b$
9	0.04	0.42	12.59	12.84	13.10	0.32

**KONDISI TRIAL PEMBEBANAN MESIN TERHADAP PROPELLER**

Mesin n (%)	Mesin n (RPM)	Propeller		Q (Nm) (KQ r n <sup>2</sup> D <sup>5</sup> )	DHP (kW) (2 $\pi$ Q n)	SHP (kW) DHP / $\eta_{sqb}$	BHP (kW)	% BHP
		n (rpm)	n (rps)					
0%	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
5%	127.5	33.06	0.55	5.33	0.02	0.02	0.02	0.01%
10%	255.0	66.11	1.10	21.32	0.15	0.15	0.15	0.09%
15%	382.5	99.17	1.65	47.96	0.50	0.51	0.52	0.31%
20%	510.0	132.23	2.20	85.27	1.18	1.21	1.23	0.72%
25%	637.5	165.28	2.75	133.23	2.31	2.35	2.40	1.41%
30%	765.0	198.34	3.31	191.85	3.99	4.07	4.15	2.44%
35%	892.5	231.40	3.86	261.13	6.33	6.46	6.59	3.88%
40%	1020.0	264.45	4.41	341.07	9.45	9.64	9.84	5.79%
45%	1147.5	297.51	4.96	431.67	13.45	13.73	14.01	8.24%
50%	1275.0	330.57	5.51	532.92	18.46	18.83	19.22	11.30%
55%	1402.5	363.62	6.06	644.84	24.56	25.07	25.58	15.05%
60%	1530.0	396.68	6.61	767.41	31.89	32.54	33.21	19.53%
65%	1657.5	429.74	7.16	900.64	40.55	41.37	42.22	24.83%
70%	1785.0	462.79	7.71	1044.53	50.64	51.68	52.73	31.02%
75%	1912.5	495.85	8.26	1199.08	62.29	63.56	64.86	38.15%
80%	2040.0	528.91	8.82	1364.28	75.59	77.14	78.71	46.30%
82%	2091.0	542.13	9.04	1433.35	81.41	83.07	84.76	49.86%
84%	2142.0	555.35	9.26	1504.12	87.51	89.30	91.12	53.60%
86%	2193.0	568.58	9.48	1576.60	93.91	95.83	97.78	57.52%
88%	2244.0	581.80	9.70	1650.78	100.62	102.67	104.76	61.63%
90%	2295.0	595.02	9.92	1726.67	107.63	109.83	112.07	65.92%
91%	2320.5	601.63	10.03	1765.25	111.26	113.53	115.85	68.15%
92%	2346.0	608.24	10.14	1804.26	114.97	117.32	119.71	70.42%
93%	2371.5	614.86	10.25	1843.70	118.76	121.18	123.66	72.74%
94%	2397.0	621.47	10.36	1883.56	122.63	125.13	127.69	75.11%
95%	2422.5	628.08	10.47	1923.9	126.59	129.17	131.81	77.53%
96%	2448.0	634.69	10.58	1964.6	130.63	133.29	136.01	80.01%
97%	2473.5	641.30	10.69	2005.7	134.75	137.50	140.31	82.53%
98%	2499.0	647.91	10.80	2047.3	138.96	141.80	144.69	85.11%
99%	2524.5	654.52	10.91	2089.3	143.26	146.18	149.17	87.75%
100%	2550.0	661.14	11.02	2131.7	147.64	150.66	153.73	90.43%



# PROPELLER DAN SISTEM PERPOROSAN

Project  
Doc. No.  
Ship **RORO BARGE**  
Name  
Revisi :

## KONDISI SERVICE PEMBEBANAN MESIN TERHADAP PROPELLER

Mesin n (%)	Mesin n (RPM)	Propeller		Q (Nm) ( $KQ r n^2 D^5$ )	DHP (kW) ( $2 \pi Q n$ )	SHP (kW) DHP / $\eta_{sqb}$	BHP (kW)	% BHP
		n (rpm)	n (rps)					
0%	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
5%	127.5	33.06	0.55	5.60	0.02	0.02	0.02	0.01%
10%	255.0	66.11	1.10	22.38	0.16	0.16	0.16	0.09%
15%	382.5	99.17	1.65	50.36	0.52	0.53	0.54	0.32%
20%	510.0	132.23	2.20	89.53	1.24	1.27	1.29	0.76%
25%	637.5	165.28	2.75	139.89	2.42	2.47	2.52	1.48%
30%	765.0	198.34	3.31	201.44	4.19	4.27	4.36	2.56%
35%	892.5	231.40	3.86	274.19	6.65	6.78	6.92	4.07%
40%	1020.0	264.45	4.41	358.12	9.92	10.12	10.33	6.08%
45%	1147.5	297.51	4.96	453.25	14.13	14.42	14.71	8.65%
50%	1275.0	330.57	5.51	559.57	19.38	19.77	20.18	11.87%
55%	1402.5	363.62	6.06	677.08	25.79	26.32	26.86	15.80%
60%	1530.0	396.68	6.61	805.78	33.49	34.17	34.87	20.51%
65%	1657.5	429.74	7.16	945.67	42.57	43.44	44.33	26.08%
70%	1785.0	462.79	7.71	1096.76	53.17	54.26	55.37	32.57%
75%	1912.5	495.85	8.26	1259.03	65.40	66.74	68.10	40.06%
80%	2040.0	528.91	8.82	1432.50	79.37	80.99	82.65	48.62%
82%	2091.0	542.13	9.04	1505.02	85.48	87.22	89.00	52.35%
84%	2142.0	555.35	9.26	1579.33	91.89	93.76	95.67	56.28%
86%	2193.0	568.58	9.48	1655.43	98.61	100.62	102.67	60.40%
88%	2244.0	581.80	9.70	1733.32	105.65	107.80	110.00	64.71%
90%	2295.0	595.02	9.92	1813.00	113.01	115.32	117.67	69.22%
91%	2320.5	601.63	10.03	1853.52	116.82	119.21	121.64	71.55%
92%	2346.0	608.24	10.14	1894.48	120.72	123.18	125.70	73.94%
93%	2371.5	614.86	10.25	1935.89	124.70	127.24	129.84	76.38%
94%	2397.0	621.47	10.36	1977.7	128.76	131.39	134.07	78.87%
95%	2422.5	628.08	10.47	2020.0	132.92	135.63	138.40	81.41%
96%	2448.0	634.69	10.58	2062.8	137.16	139.96	142.81	84.01%
97%	2473.5	641.30	10.69	2106.0	141.49	144.38	147.32	86.66%
98%	2499.0	647.91	10.80	2149.6	145.91	148.89	151.93	89.37%
99%	2524.5	654.52	10.91	2193.7	150.42	153.49	156.62	92.13%
100%	2550.0	661.14	11.02	2238.3	155.03	158.19	161.42	94.95%

## YANMAR

### LOAD LIMIT CURVE

NO	POWER		SPEED (n)	
	%	kW	%	rpm
1	18.00%	30.60	65.0%	1657.5
2	65.00%	110.50	100.0%	2550.0

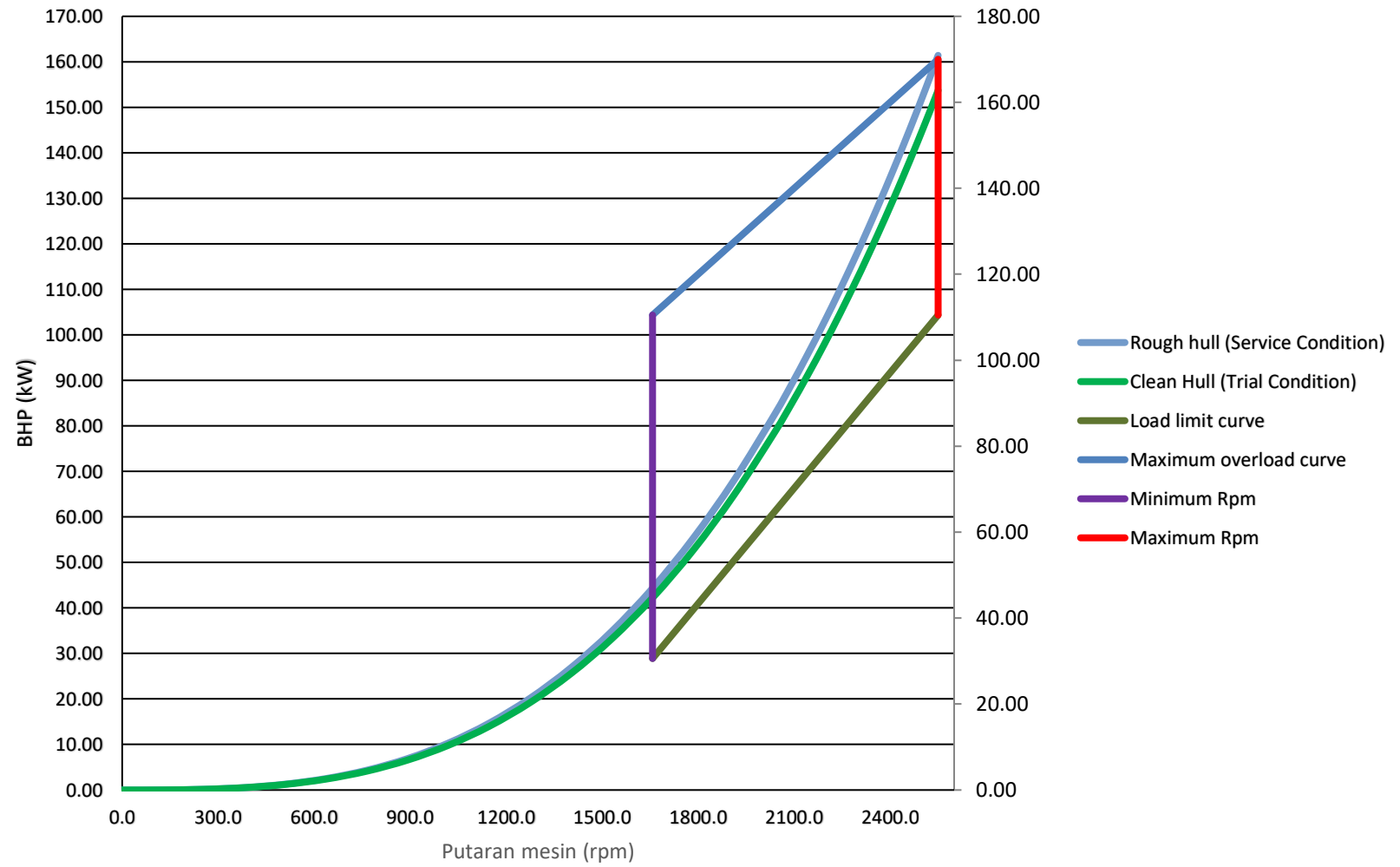
Minimum Rpm	
Daya (kW)	n (rpm)
110.50	1657.5
30.60	1657.5


### MAXIMUM OVER LOAD CURVE

NO	POWER		SPEED (n)	
	%	kW	%	rpm
1	65.00%	110.50	65.0%	1657.5
2	100.00%	170.00	100.0%	2550.0

Maximum Rpm	
Daya (kW)	n (rpm)
170.00	2550.0
110.50	2550.0

GRAFIK ENGINE ENVELOPE YANMAR



		<b>PROPELLER DAN SISTEM PERPOROSAN</b>		<b>Project :</b> <b>Doc. No. :</b> <b>Ship : RORO BARGE</b> <b>Name :</b> <b>Revisi :</b>	
<b>DATA UTAMA KAPAL YANG DI RANCANG</b>					
LPP = #REF!	m	Vs	=	9 knot	= 4.63 m/s
Lwl = #REF!	m				
Ldisp = #REF!	m				
B = #REF!	m				
H = #REF!	m	v <sub>air laut</sub> (15°)=	=	1.19E-06 m <sup>2</sup> /s	(1,1883 x 10 <sup>-6</sup> )
T = #REF!	m	g	=	9.81 m/s <sup>2</sup>	
Cm = #REF!		ρ air laut	=	1.025 ton/m <sup>3</sup>	= 1025 kg/m <sup>3</sup>
Cp = #REF!					
L/B = #REF!					
B/T = #REF!					
Cwp = #REF!					
Fn =					
<b>DATA NSP DIAGRAM</b>		<b>KONVERSI SATUAN</b>			
β(Cm) =	0.98	1 m	=	3.28	ft
δ(Cb) =	0.72	1 knot	=	0.51	m/s
φ(Cp) =	0.73	1 mil laut	=	1.85	km = 1,852.0 m
e % =	1.45 %	1 m <sup>2</sup> /s	=	10.37	ft <sup>2</sup> /s
Cbwl =	0.71	1 m/s	=	3.60	km/jam
Cblpp =	0.73	1 HP	=	0.75	kW
		1 kW	=	1.34	HP
<b>SHAFT PROPELLER</b>					

#### 1. DATA PROPELLER

PROPELLER DATA	
TIPE	B3-35
Db (m)	0.8
P/Db	0.95
ηp	0.73
Nprop (rpm)	1189
Z	3
Ae/Ao	0.35

#### 2. PERHITUNGAN DIAMETER POROS (Ds)

Berdasarkan buku Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin karangan Ir.Sularso, MSME Halaman 8, besarnya diameter poros dihitung dengan rumusan :

$$Ds = \sqrt[3]{\frac{5.1}{\tau_a} \times K_t \times C_b \times T}$$

Keterangan :

Ds = Diameter Poros Propeller (mm)  
τ<sub>a</sub> = Tegangan geser yang diijinkan (Kg/mm<sup>2</sup>)  
K<sub>t</sub> = Faktor Konsentrasi Tegangan  
C<sub>b</sub> = Faktor Beban Lentur  
T = Momen puntir rencana (kg mm)

#### 2.1. DAYA PERENCANAAN POROS

$$Pw = f_c \times SHP \quad kW$$


Keterangan :

f<sub>c</sub> = Faktor Koreksi Daya  
a. f<sub>c</sub> = 1.2 - 2.0 (Daya Rata - Rata)  
b. f<sub>c</sub> = 0.8 - 1.2 (Daya Maksimum)  
c. f<sub>c</sub> = 1.0 - 1.5 (Daya normal)  
f<sub>c</sub> = 2

$$SHP = \text{Shaft Horse Power (kW)} = 89 \quad kW$$

$$Pw = f_c \times SHP \quad kW$$

$$Pw = 178 \quad kW$$

 <b>ITS</b> <small>Institut Teknologi Sepuluh Nopember</small>	<b>PROPELLER DAN SISTEM PERPOROSAN</b>	<b>Project :</b> <b>Doc. No. :</b> <b>Ship : RORO BARGE</b> <b>Name :</b> <b>Revisi :</b>
--	--	---

## 2.2. MOMEN PUNTIR

$$T = 9,74 \times 10^5 \times \frac{P_w}{n} \quad \text{kg.mm}$$

Keterangan :

Pw = Daya Perencanaan Poros (kW)  
n = Putaran propeller (Rpm)

178 kW  
1189 Rpm

$$T = 9,74 \times 10^5 \times \frac{P_w}{n}$$

$$T = 145.813 \text{ kg.mm}$$

## 2.3. TEGANGAN GESER YANG DIIZINKAN

δ Bahan poros yang digunakan adalah S 55 C-D dengan =

72.00 Kg/mm<sup>2</sup>

Faktor keamanan

1. sf<sub>1</sub> = 6 (material baja)
2. sf<sub>2</sub> = 1.3 - 3

Diambil sf = 3

Sehingga, Tegangan geser yang diijinkan (tA):

$$tA = \frac{\sigma b}{sf_1 \times sf_2} \quad \text{Kg/mm}^2$$

$$tA = 4.00 \text{ Kg/mm}^2$$

## 2.4. FAKTOR KONSENTRASI TEGANGAN

- Kt = 1 (Tumbukan halus )  
Kt = 1 - 1,5 (Sedikit tumbukan )  
Kt = 1,5 - 3,0 (Tumbukan kasar )  
Kt = 3

## 2.5. FAKTOR BEBAN LENTUR

- Cb = 1 (Tidak mengalami lenturan )  
Cb = 1.2 - 2.3 (Mengalami lenturan )  
Cb = 2.3

## 2.6. DIAMETER POROS (Ds)

Berdasarkan buku Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin karangan Ir.Sularso, MSME Halaman 8, besarnya diameter poros dihitung dengan rumusan sebagai berikut :

$$Ds = \sqrt[3]{\frac{5.1}{\pi} \times K_t \times C_b \times T}$$

Keterangan :

Ds = Diameter Poros Propeller (mm)  
τ<sub>a</sub> = Tegangan geser yang diijinkan (Kg/mm<sup>2</sup>) = 4.00 Kg/mm<sup>2</sup>  
Kt = Faktor Konsentrasi Tegangan = 3  
Cb = Faktor Beban Lentur = 2.3  
T = Momen puntir rencana (kg mm) = 145,813 kg.mm

$$Ds = 109 \text{ mm} \quad 4.277779649 \text{ Inch}$$

## 2.7. PEMERIKSAAN PERSYARATAN

Syarat τ < tA


$$\tau = 5.1 \times \frac{T}{D_p^3}$$

Keterangan :

Ds = Diameter Poros Propeller (mm) = 109 mm  
T = Momen puntir rencana (kg mm) = 145,813 kg.mm  
tA = Tegangan geser yang diijinkan (Kg/mm<sup>2</sup>) = 4.00 Kg/mm<sup>2</sup>

$$\tau = 5.1 \times \frac{T}{D_p^3}$$

$$\tau = 0.58$$

 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	<b>PROPELLER DAN SISTEM PERPOROSAN</b>	Project : Doc. No. : Ship : <b>RORO BARGE</b> Name : Revisi :
---	--	---

### 3. PERSYARATAN PEMBANDING DENGAN RULES ABS

Berdasarkan ABS Rules Part 4 Chapter 3 Section 2 Hlm 192

$$D = 100K \cdot \sqrt[3]{\frac{H}{R} \left( \frac{c_1}{U + c_2} \right)}$$

where:

$D$  = required solid shaft diameter, except hollow shaft; mm (mm, in)

$H$  = power at rated speed; kW (PS, hp) (1 PS = 735W; 1 hp = 746W)

$K$  = shaft design factor, see 4-3-2/Table 1 or 4-3-2/Table 2

$R$  = rated speed rpm

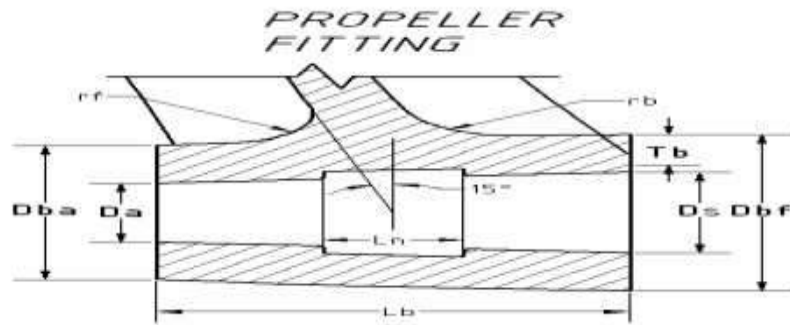
$U$  = minimum specified ultimate tensile strength of shaft material (regardless of the actual minimum specified tensile strength of the material, the value of  $U$  used in these calculations is not to exceed that indicated in 4-3-2/Table 3;


$H$  = 89 KW  
 $K$  = 1.26  
 $R$  = 1189 RPM  
 $U$  = 600  
 $S1$  = 560  
 $S2$  = 160

**D = 48 mm**

Berdasarkan Buku The Design of Marine Screw Propeller karangan T.P. O'Brien hlm 301

Item		Material			Remarks
		Manganese Bronze	Ni Al Bronze	Cast Iron	
Boss Dimension	Lb/Ds	1.8 to 2.4	1.8 to 2.4	1.8 to 2.6	
	Db/Ds	1.8 to 2.0	1.8 to 2.0	1.8 to 2.4	
	DbA/Db	0.85 to 0.90	0.85 to 0.90	0.85 to 0.90	
	Dbf/Db	1.05 to 1.10	1.05 to 1.10	1.05 to 1.10	
	Ln/Lb	0.3	0.3	0.3	Maximum Value
	tb/tr	0.75	0.75	0.75	Minimum value if recessed
	rf/tr	0.75	0.75	0.75	
	rb/tr	0.75	0.75	0.75	Zero Rake
	rb/tr	1	1	1	15 deg Rake
Tip thickness ratio (before rounding)	t(T/D)	0.0035	0.003	0.0065	Screw D > 10 ft
	t(T/D)	0.004	0.0035	0.0075	Scwew D <= 10 ft
Minimum edge Thickness ratio (before rounding)	t(e/d)	0.001	0.001	0.002	Screw D > 10 ft
	t(e/d)	0.0015	0.0015	0.0025	Scwew D <= 10 ft



 <b>ITS</b> <small>Institut Teknologi Sepuluh Nopember</small>	<b>PROPELLER DAN SISTEM PERPOROSAN</b>	<b>Project :</b> <b>Doc. No. :</b> <b>Ship : RORO BARGE</b> <b>Name :</b> <b>Revisi :</b>
--	--	---

Maka, jika dalam perencanaan ini menggunakan poros propeller dengan bahan NiAl Bronze maka nilainya adalah sebagai berikut :

#### 1. Diameter boss propeller

$$D_b = 1.8 \times D_s$$

$$D_s = 48 \text{ mm}$$

$$D_b = 86 \text{ mm}$$

$$D_{prop} = 0.84 \text{ m}$$

$$t_r = 0.045 \times D_{prop}$$

$$t_r = 38 \text{ mm}$$

#### 2. Diameter boss propeller terkecil (Dba)

$$D_{ba}/D_b = 0.85$$

$$D_{ba} = 0.85 \times D_b$$

$$D_{ba} = 73 \text{ mm}$$

#### 3. Diameter boss propeller terbesar (Dbf)

$$D_{bf}/D_b = 1.05$$

$$D_{bf} = 1.05 \times D_b$$

$$D_{bf} = 91 \text{ mm}$$

$$t_b/t_r = 0.75$$

$$t_b = 0.75 \times t_r$$

$$t_b = 28 \text{ mm}$$

$$r_b/t_r = 1$$

$$r_b = 1 \times t_r$$

$$r_b = 38 \text{ mm}$$

$$r_f/t_r = 0.75$$

$$r_f = 0.75 \times t_r$$

$$r_f = 28 \text{ mm}$$

#### 4. Panjang boss propeller (Lb)

$$L_b/D_s = 2.4$$

$$L_b = 2.4 \times D_s$$

$$L_b = 115 \text{ mm}$$

#### 5. Panjang lubang dalam boss propeller (Ln)

$$L_n/L_b = 0.3$$

$$L_n = 0.3 \times L_b$$

$$L_n = 35 \text{ mm}$$

#### 6. Tebal Sleeve

Sleeve atau selubung poros dipakai sebagai perlindungan terhadap adanya korosi

$$s = 0.03 D_s + 7.5$$

$$s = 9 \text{ mm}$$

#### Bentuk Ujung Poros Propeller

##### 1. Panjang Konis

Panjang konis (Lb) berkisar antara 1,8 - 2,4 diameter poros. Diambil  $L_b = 2.0 D_s$

$$L_b = 2.4 D_s$$

$$L_b = 115 \text{ mm}$$

##### 2. Kemiringan Konis

BKI menyarankan nilai kemiringan konis berkisar antara 1/10 hingga 1/15Lb.

Sehingga dalam perencanaan ini harga kemiringan konis (x) diambil 1/13 Lb

$$x = 1/13 \times L_b$$

$$x = 9 \text{ mm}$$

##### 3. Diameter Terkecil Ujung Konis

$$D_a = D_s - 2x$$

$$D_a = 30.25 \text{ mm}$$





#### 4. MUR PENGIKAT PROPELLER

##### 4.1. Diameter Luar Ulir (d)

$$D \geq 0,6 \times D_s$$

$$D \geq 29 \text{ mm}$$

$$\text{Diambil nilai } D = 29 \text{ mm}$$

##### 4.2. Diameter Inti (di)

$$D_i = 0,8 \times D$$

$$D_i = 23 \text{ mm}$$

##### 4.3. Diameter Luar Mur (Do)

$$D_o = 2 \times D$$

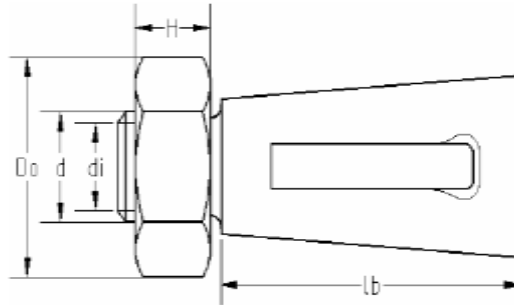
$$D_o = 58 \text{ mm}$$

##### 4.4. Tebal atau Tinggi Mur (H)

Berdasarkan buku Elemen Mesin karangan Sularso, untuk ukuran standar tebal mur adalah 0,8 - 1 diameter konis, diambil 0,8 sehingga :

$$H = 0,8 \times D$$

$$H = 23,0 \text{ mm} \quad \text{diambil} \quad 257 \text{ mm}$$



#### 5. PERENCANAAN PASAK PROPELLER PADA BOS PROPELLER

##### 1. Momen torsi (Mt) pada pasak

$$M_t = \frac{DHP \times 75 \times 60}{2\pi \times N}$$

$$M_t = 7109 \text{ N.m}$$

$$\begin{aligned} DHP &= 16039 \text{ HP} \\ &= 11796 \text{ kW} \\ N &= 1189 \text{ rpm} \end{aligned}$$

##### 2. Panjang pasak (L)

Menurut buku Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin hal. 27. Panjang pasak adalah antara 0,75 - 1,5 Ds

$$L = 1,5 \times D_s$$

$$L = 72 \text{ mm}$$

##### 3. Lebar pasak (B)

Menurut buku Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin hal. 27 lebar pasak adalah 25 % - 35 % dari diameter poros.

$$B = 27\% \times D_s$$

$$B = 12,95 \text{ mm} \quad 13 \text{ mm}$$

##### 4. Tebal pasak (t)

$$t = 1/6 \times D_s$$

$$t = 7,99 \text{ mm} \quad 8 \text{ mm}$$

##### 5. Radius Ujung pasak

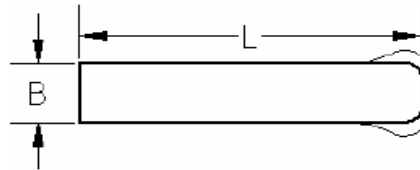
$$R = 0,125 \times D_s$$

$$R = 6 \text{ mm}$$

##### 6. Luas Bidang Geser

$$A = 0,25 \times D_s \times D_s$$

$$A = 575 \text{ mm}^2$$



##### 7. Gaya Sentrifugal


Bila momen rencana T ditekankan pada suatu diameter poros (Ds), maka gaya sentrifugal (F) yang terjadi pada permukaan poros adalah :

$$T = 9,74 \times 10^{-5} \times \frac{P_d}{N}$$

$$T = 145,813 \text{ Kg.mm}$$

$$F = \frac{T}{0,5 \times D_s}$$

$$F = 6,080 \text{ N}$$

 <b>ITS</b> <small>Institut Teknologi Sepuluh Nopember</small>	<b>PROPELLER DAN SISTEM PERPOROSAN</b>	<b>Project :</b> <b>Doc. No. :</b> <b>Ship : RORO BARGE</b> <b>Name :</b> <b>Revisi :</b>
--	--	---

Sedangkan tegangan gesek yang diijinkan ( $\tau_{ka}$ ) untuk pemakaian umum pada poros diperoleh dengan membagi kekuatan tarik  $\sigma_b$

dengan faktor keamanan ( $Sf_1 \times Sf_2$ ), sedang harga untuk  $Sf$  umumnya telah ditentukan ;

$Sf_1$  = umumnya diambil 6 (material baja)  
 $Sf_2$  = 1,0 – 1,5 , (beban dikenakan secara tiba-tiba)  
           = 1,5 – 3,0 , (beban dikenakan tumbukan ringan)  
           = 3,0 – 5,0 , (beban dikenakan secara tiba-tiba dan tumbukan berat)

Beban pada propeller yang terjadi secara tiba-tiba adalah karena gelombang laut, namun sifatnya terjadi secara lunak, maka  $Sf_2$

Bahan pasak digunakan S 50 C dengan harga  $\sigma_b = 62 \text{ kg/mm}^2$

Sehingga :

$$\tau_{ka} = \frac{\sigma_b}{sf_1 \times sf_2}$$

$$\tau_{ka} = 6.89 \text{ kg/mm}^2$$

Sedangkan tegangan gesek yang terjadi pada pasak adalah ;

$$\tau_k = \frac{F}{B \times L}$$

$$\tau_k = 6.53 \text{ kg/mm}^2$$

Karena nilai tegangan gesek yang terjadi pada pasak  $\leq$  nilai tegangan gesek yang diijinkan berarti pasak tersebut telah memenuhi syarat

#### 8. Penampang Pasak

$$A = b \times t$$

$$A = 104 \text{ mm}^2$$

#### 9. Kedalaman alur pasak pada poros ( $t_1$ )

$$t_1 = 0,5 \times t$$

$$t_1 = 3.996840597 \text{ mm}$$

### 6. PERENCANAAN BENTUK UJUNG POROS KOPLING

Diameter Poros ( $D_s$ ) = 48 mm

#### 1. Panjang Konis

Panjang konis atau  $L_k$  berkisar antara 1,25 sampai 1,5 kali diameter poros

$$L_k = 1,5 D_s$$

$$L_k = 72 \text{ mm}$$



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember

## PROPELLER DAN SISTEM PERPOROSAN

Project :  
Doc. No. :  
Ship : RORO BARGE  
Name :  
Revisi :

### 2. Kekonisan yang Disarankan

Harga konis ujung poros kopling adalah sebesar sekitar 1/10 ~ 1/15 dari Lk

$$x = \frac{1}{10} \times Lk \quad \text{mm}$$

$$x = 7 \quad \text{mm}$$

### 3. Diameter Terkecil Ujung Poros

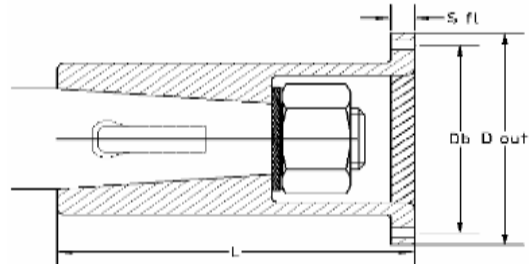
$$Da = Ds - 2x$$

$$Da = 34 \quad \text{mm}$$

### 4. Diameter Lingkaran kopling yang Direncanakan

$$Db = 2,5 \times Ds$$

$$Db = 120 \quad \text{mm}$$



### 5. Diameter luar kopling

Nilai D out adalah 3 ~ 5.8 kali diameter poros (Ds)

$$D \text{ out} = 3 \times Ds$$

$$D \text{ out} = 144 \quad \text{mm}$$

### 6. Panjang Kopling

Panjang kopling atau L adalah berkisar antara 2,5 sampai 5,5 dari setengah diameter poros.

$$\text{Diambil } L = 5 \times 0,5 \times Ds$$

$$\text{Diambil } L = 120 \quad \text{mm}$$

### 7. Tebal Flens

Tebal flens tanpa konstruksi poros menurut Biro Klasifikasi Indonesia adalah paling sedikit sebesar 20% dari diameter poros.

$$S_n = 20\% \times Ds$$

$$S_n = 10 \quad \text{mm}$$

### 8. Diameter Minimum Baut Pengikat Kopling

SHP =

89 kW

Putaran poros (N) =

1189 RPM

Jumlah baut (Z) =

13 buah

Diameter baut yang direncanakan =

120 mm

Kekuatan tarik material (Rm) =

607.6 N/mm<sup>2</sup>

(bahan yang digunakan adalah S50C)

$$Df = 16 \left[ \frac{10^6 \times P}{N \times Db \times Z \times Rm} \right]^{1/2}$$

$$Df = 4 \quad \text{mm}$$

### 9. Diameter luar mur (D0)

$$D0 = 2 \times Df$$

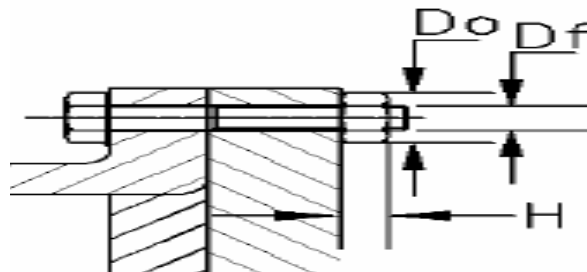
$$D0 = 9 \quad \text{mm}$$

### 10. Tinggi mur (H)

nilanya adalah antara 0.8 ~ 1 kali Df

$$H = 1 \times Df$$

$$H = 4 \quad \text{mm}$$



## 7. PERHITUNGAN PASAK KOPLING

$$Ds = 48 \quad \text{mm}$$

$$Da = 34 \quad \text{mm}$$

$$T = 145,813 \quad \text{kg.mm}$$

### 1. Diameter Tengah Konis Propeler


$$Dsa = (Ds + Da) / 2$$

$$Dsa = 41 \quad \text{mm}$$

### 2. Bahan pasak

bahan pasak yang diambil adalah S 50 C

dengan  $\sigma_B = 62 \quad \text{Kg/mm}^2$ .

 <b>ITS</b> <small>Institut Teknologi Sepuluh Nopember</small>	<b>PROPELLER DAN SISTEM PERPOROSAN</b>	Project : Doc. No. : Ship : <b>RORO BARGE</b> Name : Revisi :
--	--	---

### 3. Tegangan geser yang diijinkan

Faktor keamanan

1. sf1 = 6 (untuk material baja)

2. sf2 = 1,3 - 3

Diambil sf2 = 3

$$\tau_{ka} = \sigma_B / (sf1 \times sf2)$$

$$\tau_{ka} = 3,44 \text{ Kg/mm}$$

gaya tangensial pada permukaan poros

$$F = T / (0,5 \times D_{sa})$$

$$F = 7153,36 \text{ N}$$

### 4. Lebar pasak

Lebar pasak kopling atau b berkisar antara 0,25 sampai dengan 0,85 kali diameter poros propeler.

$$b = 0,27 \times D_s$$

$$b = 12,94976353 \text{ mm}$$

### 5. Panjang Pasak

Bahan pasak yang diambil adalah S 50 C

Tinjauan terhadap faktor keamanan

$$\tau_k = F / (b \cdot l)$$

$$\tau_{ka} \geq \tau_k$$

$$\tau_{ka} \geq F / (b \cdot l)$$

$$L \geq \frac{F}{(\tau_{ka} \times b)}$$

$$L \geq 160,37 \text{ mm}$$

Diambil nilai L : 160 mm

Dalam perencanaan ini panjang pasak dibatasi berkisar antara 0,75 sampai dengan 1,5 kali diameter poros

$$L = 0,9 \times D_s$$

$$L = 43 \text{ mm}$$

### 6. Kedalaman alur pasak

$$t = 1/6 \times D_s$$

$$t = 8 \text{ mm}$$

### 7. Radius Ujung pasak

$$R = 0,125 \times D_s$$

$$R = 6$$

## 8. MUR PENGIKAT KOPLING

Direncanakan dimensi mur pengikat kopling sama dengan dimensi mur pengikat propeller yaitu :

- Diameter luar ulir (d)

menurut BK1 2006 Vol. II, diameter luar ulir(d) ≥ diameter konis yang besar :

$$d \geq 0,6 \times D_s$$

$$d \geq 29$$

$$\text{Diambil } d = 29 \text{ mm}$$

- Diameter inti (di)

$$D_i = 0,8 \times d$$

$$D_i = 23 \text{ mm}$$

- Diameter luar mur (Do)

$$D_o = 2 \times d$$


$$D_o = 58 \text{ mm}$$

- Tebal/tinggi mur (H)

Berdasarkan buku Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin untuk ukuran standar tebal mur adalah (0,8 - 1) kali diameter poros

$$H = 0,8 \times d$$

$$H = 23 \text{ mm}$$

 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	<b>PROPELLER DAN SISTEM PERPOROSAN</b>	Project : Doc. No. : Ship : <b>RORO BARGE</b> Name : Revisi :
---	--	---

#### 9. KOREKSI PERENCANAAN JUMLAH BAUT

dimana diketahui :

1 tegangan yang diijinkan :

$$T_a = 4,00 \text{ Kg/mm}^2$$

2 gaya yang bekerja pada seluruh baut :

$$F = 2T/Db$$

$$2,432 \text{ kg}$$

3 gaya yang bekerja pada sebuah baut :

$$F_b = F / N_e$$

$$N_e = \text{jumlah baut} = 8 \text{ buah}$$

$$F_b = 304 \text{ kg}$$

4 tegangan geser yang bekerja pada sebuah baut (Tsb) :

$$T_{sb} = F_b / A_s$$

$$\text{dimana } A_s = 1/4 \times \pi \times d_f^2$$

$$T_{sb} = 6,398479205 \text{ kg/mm}^2$$

$$A_s =$$

$$16 \text{ mm}^2$$

koreksi :

$$\text{syarat} = T_a > T_{sb} \quad (\text{memenuhi})$$

5 tegangan kompresi yang bekerja pada sebuah baut (Tc)

$$T_c = F_b / A_c$$

$$\text{dimana } A_c = D_f \times S_{fl}$$

$$7,05 \text{ kg/mm}^2$$

$$A_c =$$

$$43 \text{ mm}^2$$

$$\text{syarat} = T_a > T_c \quad (\text{memenuhi})$$

#### 10. PERHITUNGAN STERN TUBE

##### 1. Panjang Tabung Poros Propeller (Ls) :

Panjang stern tube disesuaikan dengan jarak antara stern post dengan sekat belakang kamar mesin dalam hal diperoleh : ini diperoleh berdasarkan jarak gading yaitu 500 mm sehingga

$$L_s = 4 \times \text{jarak gading}$$

$$L_s = 5 \times 600$$

$$L_s = 2400 \text{ mm}$$

##### 2. Tebal Tabung

$$t = (D_s / 20) + (0,75 \times 25,4)$$

$$t = 21,44810436$$

$$t = 40 \text{ mm}$$

##### 3. Tebal stern post

Berdasarkan BKI 2006 Vol.II. Untuk kapal dengan panjang kurang dari 125 m, maka

$$lebar = 1,4.L_{pp} + 90$$

$$lebar = \#REF! \text{ mm}$$

$$L_{pp} =$$

$$\#REF! \text{ m}$$

##### - Panjang stern post

$$b = 1,6.L_{pp} + 15$$

$$b = \#REF! \text{ mm}$$

##### - Tebal dinding boss dari propeller post

$$t = 0,6 \times b$$

$$t = \#REF! \text{ mm}$$

#### 11. PERHITUNGAN BANTALAN POROS

##### 1. Tetapan jenis bantalan

Ki = 280 ~ 350 dalam hal ini diambil nilai Ki sebesar = 350

Sehingga

$$s(Max) = K_i \cdot D_s^{1/2}$$

$$s(Max) = 2423,913 \quad \text{bahan yang di gunakan adalah thordon bearing}$$

##### 2. Panjang Bantalan

- Panjang bantalan belakang atau L<sub>1</sub>

$$L_1 = 4 \times D_s$$

$$L_1 = 192 \text{ mm}$$

- Panjang bantalan muka atau L<sub>2</sub>

$$L_2 = 1,5 D_s$$


$$L_2 = 72 \text{ mm}$$

##### 3. Tebal efektif bantalan

$$B = \left( \left( \frac{D_s}{30} \right) \times 3,175 \right)$$

$$B = 5,08 \text{ mm}$$

$$\text{diambil } B = 5,08 \text{ mm}$$

 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	<b>PROPELLER DAN SISTEM PERPOROSAN</b>	Project : Doc. No. : Ship : <b>RORO BARGE</b> Name : Revisi :
---	--	---

#### 4. Rumah Bantalan (Bearing Bushing)

a. Bahan Bushing Bearing yang digunakan adalah : Manganese Bronze

b. Tebal Bushing Bearing ( tb )

$$tb = 0,18 \times Ds \quad \text{dibulatkan menjadi} \quad 9 \quad \text{mm}$$

$$tb = 8.63 \quad \text{mm}$$

#### 5. Jarak maximum yang diijinkan antara bantalan/bearing (Imax)

Dimana:  $k_1 = 300$  (untuk pelumasan dengan air laut)

$$Imax = k_1 \times Ds^{0.5}$$

$$Imax = 2078 \quad \text{mm}$$

#### 6. Perencanaan Guard dan Packing

Dari Marine Engineer's Handbook, menghitung besarnya :

d1 = diameter tempat packing

dB = diameter baut penekan packing

l1 = panjang tempat packing

t = tebal dari rumah packing

t1 = tebal flange rumah packing

t2 = tebal flange permukaan packing

$$Ds = 48 \quad \text{mm}$$


$$N = \text{Jumlah Baut} = 8$$

##### Diameter baut penekan packing (db)

$$Db = 1.6[(0.12 \times D) + 12.7] / \sqrt{N}$$

$$= 1.6[(0.12 \times 655) + 12.7] / \sqrt{12}$$

$$= 4.92 \quad \text{mm}$$

 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	<b>PROPELLER DAN SISTEM PERPOROSAN</b>	<b>Project</b> <b>Doc. No.</b> <b>Ship</b> : RORO Barge <b>Name</b> <b>Revisi</b> :
<b>DATA UTAMA KAPAL YANG DI RANCANG</b>		
LPP = 15.00 m Lwl = 15.45 m Ldisp = 15.23 m B = 7.00 m H = 2.10 m T = 1.50 m Cm = 1.00 Cp = 0.80 L/B = 2.14 B/T = 4.67 Cwp = 0.92 Fn = -	Vs = 9 knot = 4.63 m/s  $v_{air\ laut\ (15^{\circ})} = 1.19E-06\ m^2/s\ (1,1883 \times 10^{-6})$ $g = 9.81\ m/s^2$ $\rho\ air\ laut = 1.025\ ton/m^3 = 1025\ kg/m^3$	
<b>DATA NSP DIAGRAM</b>	<b>KONVERSI SATUAN</b>	
$\beta(Cm)$ = 1.00 $\delta(Cb)$ = 0.88 $\varphi(Cp)$ = 0.88 $e\%$ = 1.45 % Cbwl = 0.87 Cblpp = 0.89	1 m = 3.28 ft 1 knot = 0.51 m/s 1 mil laut = 1.85 km = 1,852 m 1 m <sup>2</sup> /s = 10.37 ft <sup>2</sup> /s 1 m/s = 3.60 km/jam 1 HP = 0.75 kW 1 kW = 1.34 HP	
<b>DATA PERHITUNGAN PEMILIHAN MAIN ENGINE</b>		

### 1. EFFECTIVE HORSE POWER (EHP)

Daya yang diperlukan untuk menggerakkan kapal di air atau untuk menarik kapal dengan kecepatan v. Perhitungan daya menurut buku HARVALD,TAHANAN DAN PROPULSI KAPAL, 6.2.1 hal. 135 sebagai berikut :

Diketahui data sebagai berikut :

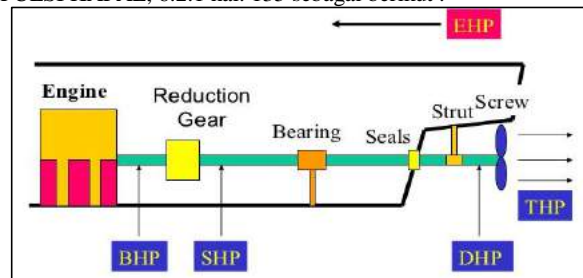
$$V_s = 4.63\ m/s$$

$$R_{ts} = 12.30\ kN$$

$$EHP = R_{t_{dinas}} \times V_s\ kW$$

$$EHP = 57\ kW$$

$$EHP = 76\ HP$$



### 2. DELIVERY HORSE POWER (DHP)

Daya yang diserap oleh propeller dari sistem perporosan atau daya yang dihantarkan oleh sistem perporosan ke propeller untuk diubah menjadi daya dorong (thrust)

$$DHP = EHP/P_c$$

$$\text{Dimana : } P_c = \eta_H \times \eta_{rr} \times \eta_o$$

#### 2.a. Effisiensi Lambung ( $\eta_H$ )

$$\eta_H = (1-t)/(1-w)$$

##### 2.a.1 Menghitung Wake Friction (w)

Wake friction atau arus ikut merupakan perbandingan antara kecepatan kapal dengan kecepatan air yang menuju ke propeller.

Dengan menggunakan tabel yang diberikan oleh Taylor, maka didapat :

 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	<b>PROPELLER DAN SISTEM PERPOROSAN</b>	<b>Project</b> <b>Doc. No.</b> <b>Ship</b> : RORO Barge <b>Name</b> <b>Revisi</b> :
--	--	---

Tabel 8. Tabel Nilai Wake Fraction Dari Taylor

No	Block Coefficient	Wake Fraction (Taylor)	
		Twin-screw ship	Single-screw ship
1	0.5	-0.038	0.230
2	0.55	-0.021	0.234
3	0.6	+0.007	0.243
4	0.65	0.045	0.260
5	0.70	0.091	0.283
6	0.75	0.143	0.314
7	0.80	-	0.354
8	0.85	-	0.400
9	0.90	-	0.477

(Principal of Naval Architecture hal 158 )

Pada perencanaan ini nilai  $cb_{wl} = 0.71$  dan kapal yang memiliki sistim perporosan tipe single screw. Nilai  $cb_{wl}$  tersebut apabila dilihat dari tabel berada diantara  $cb = 0.70$  dan  $cb = 0.75$ , sehingga perlu dilakukan metode interpolasi untuk mendapatkan nilai wake fraction pada  $cb_{wl} = 0.71$  dengan single-screw. Adapun cara perhitungannya dijelaskan sebagai berikut :

$$cb_{wl} = 0.87 \text{ ( single-screw ships)}$$

No	(A)	(B)
	cb	w
1	0.85	0.400
2	0.88	
3	0.90	0.477

$$w = 1B + \left[ \frac{(2A - 1A) \times (3B - 1B)}{3A - 1A} \right]$$

$$w = 0.45$$

### 2.a.2 Menghitung Thrust Deduction Factor (t)

Nilai t dapat dicari dari nilai w yang telah diketahui yaitu :

$$t = k \times w$$

Dimana : Nilai k antara 0,7 ~ 0,9

(Principal of Naval Architecture hal 159 )

$$k = 0.9$$

$$t = 0.40$$

### 2.a.3 Effisiensi Lambung ( $\eta_H$ )

$$\eta_H = (1-t)/(1-w)$$

$$\text{Dimana : } t = 0.40$$

$$w = 0.45$$

$$\eta_H = 1.08$$



 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	<b>PROPELLER DAN SISTEM PERPOROSAN</b>	<b>Project</b> <b>Doc. No.</b> <b>Ship</b> : RORO Barge <b>Name</b> <b>Revisi</b> :
---	--	---

### 2.b. Efisiensi Relatif Rotatif ( $\eta_{rr}$ )

Harga  $\eta_{rr}$  untuk kapal dengan propeller tipe single screw berkisar 1.0-1.1. (Principal of Naval Architecture hal 152 ) pada perencanaan propeller dan tabung poros propeller ini diambil harga :

$$\eta_{rr} = 1.10$$

### 2.c. Efisiensi Propulsi ( $\eta_o$ )

Adalah open water efficiency yaitu efficiency dari propeller pada saat dilakukan open water test. Nilainya antara 40 - 70%, dan diambil : propeller dan tabung poros propeller ini diambil harga :

$$\eta_o = 70.00\% \text{ (ASUMSI)}$$

### 2.d. Coefficient Propulsif ( $P_c$ )

$$P_c = \eta_H \times \eta_{rr} \times \eta_o$$

$$P_c = 0.832$$

### 2.e. Delivery Horse Power

Maka daya pada tabung poros baling-baling dihitung dari perbandingan antara daya efektif dengan koefisien propulsif yaitu :

Dimana : EHP = Effective Horse Power (HP)

$$DHP = EHP / P_c$$

$$DHP = 92 \text{ HP}$$

$$DHP = 68 \text{ kW}$$

### 4. THRUST HORSE POWER (THP)

Dimana : EHP = Effective Horse Power (HP)

$$THP = EHP / \eta_h$$

$$THP = 71 \text{ HP}$$

$$THP = 53 \text{ kW}$$

### 5. SHAFT HORSE POWER (SHP)

Untuk kapal yang kamar mesinnya terletak di bagian belakang akan mengalami losses sebesar 2%, sedangkan pada kapal yang kamar mesin pada daerah midship kapal mengalami losses sebesar 3%. ("Principal of Naval Architecture hal 131"). Pada perencanaan ini, kamar mesin terletak dibagian belakang, sehingga losses yang terjadi hanya 2%. Bekerja 98%

$$SHP = DHP / \eta_s \quad \text{HP}$$

$$\eta_s = 0.98 \quad (\text{Losses sebesar } 2\%)$$

Dimana : DHP = 92 HP

$$SHP = 94 \text{ HP}$$

$$SHP = 70 \text{ kW}$$

### 6. MENGHITUNG DAYA PENGGERAK UTAMA YANG DIBUTUHKAN

#### 6.a. BHP SCR

Adanya pengaruh efisiensi roda sistem gigi transmisi ( $\eta_G$ ), pada tugas ini memakai sistem roda gigi , sehingga  $\eta_G = 0.98$

 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	<b>PROPELLER DAN SISTEM PERPOROSAN</b>	<b>Project Doc. No.</b> <b>Ship</b> : RORO Barge <b>Name</b> <b>Revisi</b> :
---	--	---

**BHP<sub>scr</sub> = SHP / Effisiensi Gearbox**

Dimana :

$$\eta_g = 0.98$$

$$\text{SHP} = 94 \text{ HP}$$

$$\text{BHP}_{scr} = 96 \text{ HP} \quad 63.71$$

$$\text{BHP}_{scr} = 71 \text{ kW} \quad 47.51$$

### 6.B. BHP MCR

Daya keluaran pada kondisi maksimum dari motor induk.

Karena terdapat engine margin maka daya minimum yang dibutuhkan untuk menggerakkan kapal saat Vs bernilai 0,8 - daya mesin saat kondisi maksimum (D Stapersma & Hk Woud (2005) Matching propulsion engine with propulsor, Marine Engineering & Technology, Hal 29)

Daya BHP<sub>scr</sub> diambil 85.00%

$$\text{BHP}_{MCR} = \text{BHP}_{scr} / 0,85$$

$$\text{BHP}_{MCR} = 112 \text{ HP}$$

$$\text{BHP}_{MCR} = 84 \text{ kW} \quad 115.24$$

## 5. PEMILIHAN MAIN ENGINE

### A. SPESIFIKASI MESIN YANG DIDAPAT

Pemilihan Main Engine	Engine 1	Engine 2	Engine 3
	YANMAR	Perkins	Sole Diesel
Type	6CHE	M92B	SDZ165
Cycle	6 stroke	4 stroke	4 stroke
Cylinder Number	6	4	4
Power (kW)	84.6	86	118
Power (HP)	115	116	160
Cylinder Bore (mm)	105	105	105
Piston Stroke (mm)	125	127	130
<b>DIMENSI (mm)</b>			
Length (mm)	1600	1152	1278
Width (mm)	736	680	936
Height (mm)	1096	852	936
Weight (ton)	216	256	688
Rotation (rpm)	2550	2400	2300
SFOC (g/kwH)	171	171	171
SLOC (g/kwH)	0.7	0.7	0.7
Fuel	HSD	HSD	HSD

 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	<b>PROPELLER DAN SISTEM PERPOROSAN</b>	Project Doc. No. Ship : RORO Barge Name Revisi :
---	--	--

#### B. SPESIFIKASI GEARBOX YANG DIDAPAT

Pemilihan Main Engine	GEAR BOX 1 YX-30		
Type	lic multi-disc clutch, v		
Power (kW)	3750		
Power (HP)	5029		
Rotation (rpm)	750		
Ratios	3.857		
<b>DIMENSI (mm)</b>			
Length (mm)	1975		
Width (mm)	1980		
Height (mm)	3370		
Weight (ton)	21		

 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	<b>PROPELLER DAN SISTEM PERPOROSAN</b>	Project Doc. No. Ship : RORO Barge Name Revisi :
--	--	--

**5. PERHITUNGAN ULANG DAYA ENGINE (SESUAI ENGINE YANG DIPILIH)**

No.	ITEM	Engine 1					
		Yanmar					
1	BHP <sub>MCR</sub> =	84.6	kW				
	BHP <sub>MCR</sub> =	113.5	HP				
2	BHP <sub>SCR</sub> =	71.9	kW				
		96.4	HP				
3	SHP =	70.5	kW				
	SHP =	94.5	HP				
4	DHP =	69.1	kW				
	DHP =	92.6	HP				
5	EHP =	57.5	kW				
	EHP =	77.1	HP				
6	THP =	62.1	kW				
	THP =	83.3	HP				

**DATA UTAMA KAPAL YANG DI RANCANG**

LPP = 15.00 m	Vs = 9 knot = 4.63 m/s
Lwl = 15.45 m	
Ldisp = 15.23 m	
B = 7.00 m	
H = 2.10 m	$v_{air laut} (15^\circ) = 1.19E-06 \text{ m}^2/\text{s} (1,1883 \times 10^{-6})$
T = 1.50 m	$g = 9.81 \text{ m/s}^2$
Cm = 1.00	$\rho \text{ air laut} = 1.025 \text{ ton/m}^3 = 1025 \text{ kg/m}^3$
Cp = 0.80	
L/B = 2.14	
B/T = 4.67	
Cwp = 0.92	
Fn = -	

**DATA NSP DIAGRAM**

$\beta(Cm)$ = 1.00
$\delta(Cb)$ = 0.88
$\varphi(Cp)$ = 0.88
e % = 1.45 %
Cbwl = 0.87
Cblpp = 0.89

**KONVERSI SATUAN**

1 m = 3.28 ft = 0.3048 m
1 knot = 0.51 m/s
1 mil laut = 1.85 km = 1,852 m
1 m <sup>2</sup> /s = 10.37 ft <sup>2</sup> /s
1 m/s = 3.60 km/jam
1 HP = 0.75 kW
1 kW = 1.34 HP
1 ft <sup>2</sup> = 0.0929 m <sup>2</sup>

**PERHITUNGAN PEMILIHAN PROPELLER MAIN ENGINE**

**1. Diameter Max Propeller**

Dimana :

$$T = \text{Sarat Kapal (m)} = 1.50$$

$$D_{\text{max propeller}} = 0.7 \times 1.05$$

$$1.05 \text{ m}$$

$$\text{Diameter yang diperbolehkan} = D_{\text{max propeller}} - 0.08D_{\text{max propeller}}$$

$$\text{Diameter yang diperbolehkan} = 0.966 \text{ m}$$

**2. Putaran Propeller (N Propeller) OPEN WATER TEST**

N Propeller = Speed Engine / Ratio Gear Box

Dimana :

$$\text{Speed engine} = 2550 \text{ rpm}$$

$$N \text{ Propeller} = 1256 \text{ rpm} \quad (\text{Keadaan } 100\% \text{ BHP MCR})$$

$$\text{Ratio GB} = 2.03$$

$$N = \frac{94,7\% \times \text{Rpm Engine Yang Dipilih}}{\text{Ratio Gear Box Yang Dipilih}} \quad (\text{Keadaan } 85\% \text{ BHP MCR})$$

$$N = 1189.58 \text{ rpm}$$

### 3. Advance Velocity ( $V_A$ )

$$V_A = V_S \times (1 - w)$$

Dimana nilai Wake Friction ( $w$ ) bisa didapatkan menggunakan tabel Resistance, Propulsion and Steering of Ships, Van Lammeren, hal 146.

Dimana :

$V_A$  = Velocity Advance (knot)

$w$  = Wake Friction

$V_S$  = Kecepatan dinas kapal (knot)

Table 4—Values of Wake Fraction from Taylor

Block coefficient $C_B$	Wake fraction (Taylor)	
	Twin-screw ships	Single-screw ships
0.50	-0.038	0.230
0.55	-0.021	0.234
0.60	+0.007	0.243
0.65	0.045	0.260
0.70	0.091	0.283
0.75	0.143	0.314
0.80	—	0.354
0.85	—	0.400
0.90	—	0.477

NO	CB	SINGLE SCREW
	A	B
1	0.85	0.40
2	0.88	
3	0.90	0.47

$$w = 1B + [(2A - 1A) \times (3B - 1B) / (3A - 1A)]$$

$$w = 0.442$$

$$V_A = V_S \times (1 - w)$$

$$V_A = 5.02 \text{ knot}$$

$$V_A = 2.58 \text{ m/s}$$

### 4. BP - d Diagram

A. Memprediksi jenis - jenis propeller yang mungkin digunakan, seperti : B3, B4 , B5

B. Menghitung BP1

$$B_{P1} = N_{prop} \times SHP^{0.5} / V_A^{2.5}$$

$$\begin{aligned} \text{Dimana : SHP} &= \text{DHP} &= & 94 \text{ HP} \\ \text{VA} & &= & 2.6 \text{ knot} \\ \text{Npropeller} & &= & 1,189.6 \text{ rpm} \end{aligned}$$

$$B_{P1} = N_{prop} \times SHP^{0.5} / V_A^{2.5}$$

$$B_{P1} = 1073.26562$$

$$0,1739 \sqrt{B_{P1}} = 0.53$$

$$\delta o = (1/J_o) / 0.000988 \quad (\text{Untuk mencari nilai } \delta o = \text{koefisien taylor advance})$$

$$Do = \delta o \times (V_A / N) \quad (\text{Diameter propeler pada kondisi open water})$$

$$D_b \text{ single screw} = 0.96 \times Do \text{ (ft)}$$

$$D_b \text{ double screw} = 0.98 \times Do \text{ (ft)}$$

Langkah berikutnya adalah memotongkan nilai  $0,1739 \sqrt{B_{P1}} = 0.99$  dengan optimum line, dan didapatkan nilai dari  $P/Do$  dan  $1/Jo$

C. Setelah itu membaca diagram Bp dan di dapatkan P/Do dan 1/Jo (KONDISI OPEN WATER)

Type	P/Do	1/Jo	$\delta o$	Do(ft)	Db(ft)	Db(m)	Dmax(m)	Db<Dmax
B3-35	0.930000	1.385000	1402.5316	2.8843	2.7690	0.844	0.966	Ya
B3-50	0.910000	1.410000	1427.8481	2.9364	2.8189	0.859	0.966	Ya
B3-65	0.970000	1.340000	1356.9620	2.7906	2.6790	0.817	0.966	Ya
B3-80	1.080000	1.285000	1301.2658	2.6761	2.5690	0.783	0.966	Ya
B4-40	1.000000	1.300000	1316.4557	2.7073	2.5990	0.792	0.966	Ya
B4-55	0.990000	1.330000	1346.8354	2.7698	2.6590	0.810	0.966	Ya
B4-70	1.000000	1.330000	1346.8354	2.7698	2.6590	0.810	0.966	Ya
B4-85	1.060000	1.280000	1296.2025	2.6657	2.5590	0.780	0.966	Ya
B4-100	1.140000	1.000000	1012.6582	2.0826	1.9993	0.609	0.966	Ya
B5-45	1.080000	1.250000	1265.8228	2.6032	2.4991	0.762	0.966	Ya
B5-60	1.050000	1.270000	1286.0759	2.6448	2.5391	0.774	0.966	Ya
B5-75	1.050000	1.260000	1275.9494	2.6240	2.5191	0.768	0.966	Ya
B5-90	1.085000	1.250000	1265.8228	2.6032	2.4991	0.762	0.966	Ya
B5-105	1.135000	1.220000	1235.4430	2.5407	2.4391	0.743	0.966	Ya
B6-50	1.130000	1.200000	1215.1899	2.4991	2.3991	0.731	0.966	Ya
B6-65	1.100000	1.230000	1245.5696	2.5615	2.4591	0.750	0.966	Ya
B6-80	1.115000	1.225000	1240.5063	2.5511	2.4491	0.746	0.966	Ya
B6-95	1.150000	1.200000	1215.1899	2.4991	2.3991	0.731	0.966	Ya

D. Menentukan nilai  $\delta b$ , P/Db,  $\eta b$  (Diameter Propeller behind the ship)

Nilai Db muncul karena efek perbedaan aliran air pada open water test dengan kondisi pada saat propeller dipasang di lambung kapal.

$$\delta b = (D_{bx}N)/V_a$$

$$1/Jb = 0.009875 \times \delta b$$

Type	$\delta b$	1/Jb	P/Db	$\eta b$
B3-35	1346.4304	13.296	0.950	0.730
B3-50	1370.7342	13.536	0.940	0.709
B3-65	1302.6835	12.864	1.010	0.688
B3-80	1249.2152	12.336	1.101	0.660
B4-40	1263.7975	12.480	1.043	0.702
B4-55	1292.9620	12.768	1.020	0.701
B4-70	1292.9620	12.768	1.030	0.701
B4-85	1244.3544	12.288	1.085	0.680
B4-100	972.1519	9.600	1.170	0.667
B5-45	1215.1899	12.000	1.100	0.690
B5-60	1234.6329	12.192	1.070	0.698
B5-75	1224.9114	12.096	1.080	0.690
B5-90	1215.1899	12.000	1.110	0.689
B5-105	1186.0253	11.712	1.170	0.675
B6-50	1166.5823	11.520	1.160	0.685
B6-65	1195.7468	11.808	1.130	0.692
B6-80	1190.8861	11.760	1.140	0.695
B6-95	1166.5823	11.520	1.180	0.690

E. Perhitungan Kavitasi

Perhitungan kavitasi perlu dilakukan dengan tujuan untuk memastikan suatu propeller bebas dari kavitasi yang menyebabkan kerusakan fatal terhadap propeller. Perhitungan kavitasi ini dihitung dengan menggunakan Diagram Burril's.

- 1 Menentukan nilai  $\sigma 0,7R$

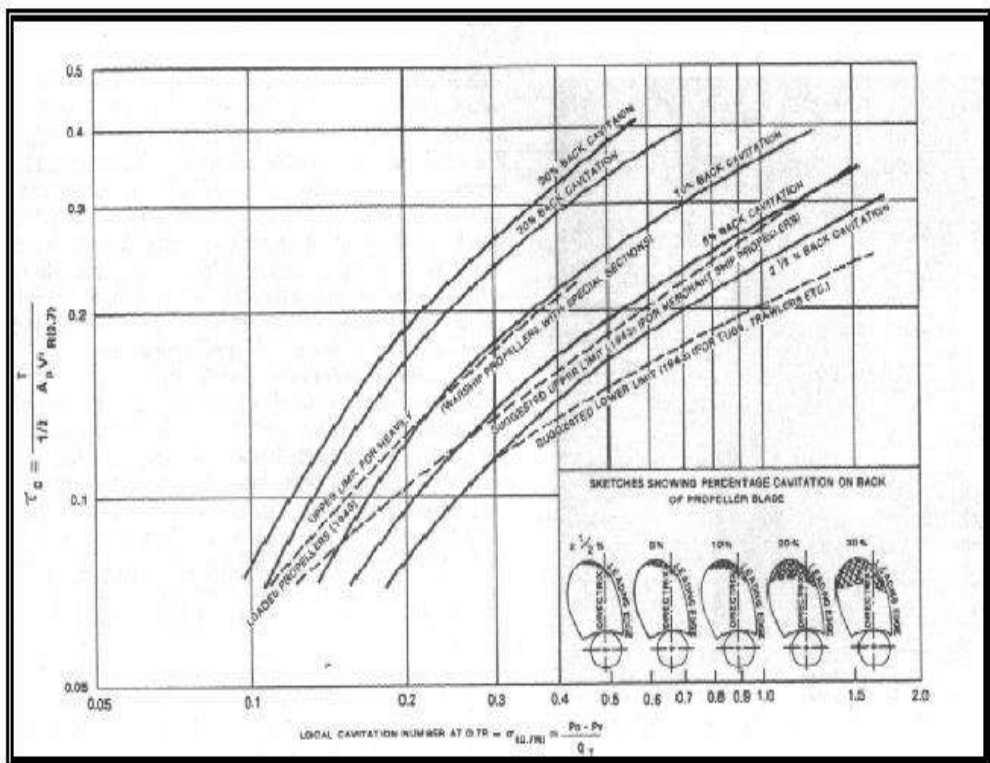
$$\sigma_{0,7R} = (1,882 + 19,62(h))/V_a^2 + 4,836n^2 D^2$$

(Principles naval architecture, hal 182, pers 61)

Dimana :

$$h = \text{Jarak antara Center poros dengan sarat} \\ = 0,75 \text{ m diperoleh dari gambar lines plan}$$

Nilai  $\sigma_{0,7R}$  ini digunakan untuk mengetahui nilai angka kavitasi pada diagram burrill dipotongkan dengan kurva merchant ship propeller.



## 2 Menghitung Kavitasi

Beberapa rumus yang digunakan untuk menghitung kavitasi

$A_o =$	$\pi (D/2)^2$
$A_e =$	$A_o \times (A_e/A_o)$
$A_p =$	$A_D \times (1,067 - 0,229 \times P/D)$
$V_r^2 =$	$V_a^2 + (0,7 \pi n D)^2$
$T =$	$R_t / (1-t)$
$tC =$	$T / (AP \cdot 0,5 \rho V_r^2)$
$\tau C =$	$0,1079 \times \ln(\sigma_{0,7R}) + 0,2708$

Disk Area / Area of tip circle

Projected Area of blade

Thrust coefficient



$$\sigma 0.7R = \frac{1882 + 19.62h}{Va^2 + (4.836 \times n^2 \times D^2)}$$


Sumber : Resistance, Propulsion and Steering of Ships, Van Lammeren hal. 181,  
HARVALD, Tahanan dan Propulsi Kapal hal 140, 183, 199

Type	Ae/Ao	Ao(ft2)	Ae atau AD(ft2)	Ap(ft2)	Ap(m2)	Va(m/s)	N(rps)
B3-35	0.35	6.024	2.1085	1.7910	0.1664	2.583	20.9360
B3-50	0.50	6.244	3.1218	2.6590	0.2470	2.583	20.9360
B3-65	0.65	5.639	3.6654	3.0632	0.2846	2.583	20.9360
B3-80	0.80	5.186	4.1485	3.3805	0.3141	2.583	20.9360
B4-40	0.40	5.307	2.1230	1.7582	0.1633	2.583	20.9360
B4-55	0.55	5.555	3.0554	2.5464	0.2366	2.583	20.9360
B4-70	0.70	5.555	3.8887	3.2320	0.3003	2.583	20.9360
B4-85	0.85	5.145	4.3736	3.5799	0.3326	2.583	20.9360
B4-100	0.10	3.141	0.3141	0.2509	0.0233	2.583	20.9360
B5-45	0.45	4.907	2.2082	1.7999	0.1672	2.583	20.9360
B5-60	0.60	5.065	3.0392	2.4981	0.2321	2.583	20.9360
B5-75	0.75	4.986	3.7394	3.0651	0.2847	2.583	20.9360
B5-90	0.90	4.907	4.4163	3.5896	0.3335	2.583	20.9360
B5-105	1.05	4.674	4.9080	3.9219	0.3643	2.583	20.9360
B6-50	0.500	4.522	2.2612	1.8120	0.1683	2.583	20.9360
B6-65	0.650	4.751	3.0883	2.4961	0.2319	2.583	20.9360
B6-80	0.800	4.713	3.7702	3.0385	0.2823	2.583	20.9360
B6-95	0.950	4.522	4.2962	3.4231	0.3180	2.583	20.9360

Type	Db (m)	Vr^2	Thrust(kN)	tc Hitungan	$\sigma 0.7R$	$\tau C$	Cavitation	P/Db	$\eta_b$
B3-35	0.844	1517.78	20.554	0.0159	0.1338	0.0538	No Cavitation	0.9500	0.7300
B3-50	0.859	1572.83	20.554	0.0103	0.1291	0.0499	No Cavitation	0.9400	0.7090
B3-65	0.817	1421.18	20.554	0.0099	0.1429	0.0609	No Cavitation	1.0100	0.6880
B3-80	0.783	1307.45	20.554	0.0098	0.1553	0.0699	No Cavitation	1.1010	0.6600
B4-40	0.792	1338.00	20.554	0.0184	0.1518	0.0674	No Cavitation	1.0430	0.7020
B4-55	0.810	1400.15	20.554	0.0121	0.1450	0.0625	No Cavitation	1.0200	0.7010
B4-70	0.810	1400.15	20.554	0.0095	0.1450	0.0625	No Cavitation	1.0300	0.7010
B4-85	0.780	1297.35	20.554	0.0093	0.1565	0.0707	No Cavitation	1.0850	0.6800
B4-100	0.609	794.44	20.554	0.2165	0.2556	0.1236	Cavitation	1.1700	0.6670
B5-45	0.762	1237.56	20.554	0.0194	0.1641	0.0758	No Cavitation	1.1000	0.6900
B5-60	0.774	1277.26	20.554	0.0135	0.1590	0.0724	No Cavitation	1.0700	0.6980
B5-75	0.768	1257.33	20.554	0.0112	0.1615	0.0741	No Cavitation	1.0800	0.6900
B5-90	0.762	1237.56	20.554	0.0097	0.1641	0.0758	No Cavitation	1.1100	0.6890
B5-105	0.743	1179.18	20.554	0.0093	0.1722	0.0810	No Cavitation	1.1700	0.6750
B6-50	0.731	1141.05	20.554	0.0209	0.1780	0.0846	No Cavitation	1.1600	0.6850
B6-65	0.750	1198.48	20.554	0.0144	0.1694	0.0793	No Cavitation	1.1300	0.6920
B6-80	0.746	1188.81	20.554	0.0120	0.1708	0.0801	No Cavitation	1.1400	0.6950
B6-95	0.731	1141.05	20.554	0.0111	0.1780	0.0846	No Cavitation	1.1800	0.6900

PROPELLER YANG DAPAT DI PILIH

No	Type	Diameter(m)	N(rpm)	P/Db	$\eta_b$	Ae/Ao	1/j	Z
1	B3-35	0.844	1189.58	0.9500	0.7300	0.3500	13.2960	3
2	B3-50	0.859	1189.58	0.9400	0.7090	0.5000	13.5360	4
3	B4-85	0.7799964	1189.58	1.0850	0.6800	0.8500	12.2880	4
4	B5-75	0.7678089	1189.58	1.0800	0.6900	0.7500	12.0960	5
5	B5-90	0.7617152	1189.58	1.1100	0.6890	0.9000	12.0000	5
6	B5-105	0.743434	1189.58	1.1700	0.6750	1.0500	11.7120	5
7	B6-80	0.7464809	1189.58	1.1400	0.6950	0.8000	11.7600	6
8	B6-95	0.7312466	1189.58	1.1800	0.6900	0.9500	11.5200	6

 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	<b>PROPELLER DAN SISTEM PERPOROSAN</b>	Project Doc. No. Ship <b>RORO BARGE</b> Name Revisi :
<b>DATA UTAMA KAPAL YANG DI RANCANG</b>		
LPP = 15.00 m Lwl = 15.45 m Ldisp = 15.23 m B = 7.00 m H = 2.10 m T = 1.50 m Cm = 1.00 Cp = 0.80 L/B = 2.14 B/T = 4.67 Cwp = 0.92 Fn = -	Vs = 9 knot = 4.63 m/s  $v_{air\ laut\ (15^{\circ})} = 1.19E-06\ m^2/s\ (1,1883 \times 10^{-6})$ $g = 9.81\ m/s^2$ $\rho\ air\ laut = 1.025\ ton/m^3 = 1025\ kg/m^3$	
<b>DATA NSP DIAGRAM</b>	<b>KONVERSI SATUAN</b>	
$\beta(Cm) = 1.00$ $\delta(Cb) = 0.88$ $\varphi(Cp) = 0.88$ $e\ \% = 1.45\ \%$ $C_{bwl} = 0.87$ $C_{blpp} = 0.89$	1 m = 3.28 ft 1 knot = 0.51 m/s 1 mil laut = 1.85 km = 1,852.00 m 1 m <sup>2</sup> /s = 10.37 ft <sup>2</sup> /s 1 m/s = 3.60 km/jam 1 HP = 0.75 kW 1 kW = 1.34 HP	
<b>KOREKSI DAYA MESIN 1</b>		

### 1. EFFECTIVE HORSE POWER (EHP)

Daya yang diperlukan untuk menggerakkan kapal di air atau untuk menarik kapal dengan kecepatan v. Perhitungan daya menurut buku HARVALD,TAHANAN DAN PROPULSI KAPAL, 6.2.1 hal. 135 sebagai berikut :

Diketahui data sebagai berikut :

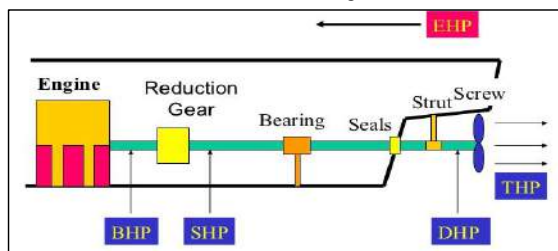
$$Vs = 4.63\ m/s$$

$$Rts = 12.30\ kN$$

$$EHP = R_{t_{dinas}} \times Vs\ kW$$

$$EHP = 56.94\ kW$$

$$EHP = 76.4\ HP$$



### 2. DELIVERY HORSE POWER (DHP)

Daya yang diserap oleh propeller dari sistem perporosan atau daya yang dihantarkan oleh sistem perporosan ke propeller untuk diubah menjadi daya dorong (thrust )

$$DHP = EHP/P_c$$

Dimana :  $P_c = \eta_H \times \eta_{rr} \times \eta_o$

#### 2.a. Effisiensi Lambung ( $\eta_H$ )

$$\eta_H = (1-t)/(1-w)$$

##### 2.a.1 Menghitung Wake Friction (w)

Wake friction atau arus ikut merupakan perbandingan antara kecepatan kapal dengan kecepatan air yang menuju ke propeller.

Dengan menggunakan tabel yang diberikan oleh Taylor, maka didapat :

 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	<b>PROPELLER DAN SISTEM PERPOROSAN</b>	Project Doc. No. Ship <b>RORO BARGE</b> Name Revisi    :
--	--	--

Tabel 8. Tabel Nilai Wake Farction Dari Taylor

No	Block Coefficient	Wake Fraction (Taylor)	
	Cb	Twin-screw ship	Single-screw ship
1	0.5	-0.038	0.230
2	0.55	-0.021	0.234
3	0.6	+0.007	0.243
4	0.65	0.045	0.260
5	0.70	0.091	0.283
6	0.75	0.143	0.314
7	0.80	-	0.354
8	0.85	-	0.400
9	0.90	-	0.477

*(Principal of Naval Architecture hal 158 )*

Pada perencanaan ini nilai cbwl = 0.71 dan kapal yang memiliki sistim perporosan tipe single screw. Nilai cbwl tersebut apabila dilihat dari tabel berada diantara cb = 0.70 dan cb = 0.75, sehingga perlu dilakukan metode interpolasi untuk mendapatkan nilai wake fraction pada cbwl = 0.71 dengan single-screw. Adapun cara perhitungannya dijelaskan sebagai berikut :

$$cbwl = 0.87 \text{ ( single-screw ships)}$$

No	(A)	(B)
	cb	w
1	0.85	0.40
2	0.88	
3	0.90	0.47

$$w = 1B + \left[ \frac{(2A - 1A) \times (3B - 1B)}{3A - 1A} \right]$$

$$w = 0.44$$

### 2.a.2 Menghitung Thrust Deduction Factor (t)

Nilai t dapat dicari dari nilai w yang telah diketahui yaitu :

$$t = k \times w$$

Dimana : Nilai k antara 0,7 ~ 0,9

*(Principal of Naval Architecture hal 159 )*

$$k = 0.9$$

$$t = 0.40$$

### 2.a.3 Effisiensi Lambung ( ηH )

$$\eta H = (1-t)/(1-w)$$

$$\text{Dimana : } t = 0.40$$

$$w = 0.44$$

$$\eta H = 1.08$$

 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	<b>PROPELLER DAN SISTEM PERPOROSAN</b>	Project Doc. No. Ship <b>RORO BARGE</b> Name Revisi    :
--	--	--

### 2.b. Efisiensi Relatif Rotatif ( $\eta_{rr}$ )

Harga  $\eta_{rr}$  untuk kapal dengan propeller tipe single screw berkisar 1.0-1.1. (Principal of Naval Architecture hal 152 ) pada perencanaan propeller dan tabung poros propeller ini diambil harga :

$$\eta_{rr} = 1.10$$

### 2.c. Efisiensi Propulsi ( $\eta_o$ )

Adalah open water efficiency yaitu efficiency dari propeller pada saat dilakukan open water test. Nilainya antara 40 - 70%, dan diambil : propeller dan tabung poros propeller ini diambil harga :

$$\eta_o = 68.00\%$$

### 2.d. Coefficient Propulsif ( $P_c$ )

$$P_c = \eta_H \times \eta_{rr} \times \eta_o$$

$$P_c = 0.807$$

### 2.e. Delivery Horse Power

Maka daya pada tabung poros baling-baling dihitung dari perbandingan antara daya efektif dengan koefisien propulsif yaitu :

Dimana : EHP = Effective Horse Power (HP)

$$DHP = EHP / P_c$$

$$DHP = 94.60 \text{ HP}$$

$$DHP = 70.54 \text{ kW}$$

## 4. THRUST HORSE POWER (THP)

Dimana : EHP = Effective Horse Power (HP)

$$THP = EHP / \eta_h$$

$$THP = 70.76 \text{ HP}$$

$$THP = 52.76 \text{ kW}$$

## 5. SHAFT HORSE POWER (SHP)

Untuk kapal yang kamar mesinnya terletak di bagian belakang akan mengalami losses sebesar 2% , sedangkan pada kapal yang kamar mesin pada daerah midship kapal mengalami losses sebesar 3%.(“Principal of Naval Architecture hal 131”). Pada perencanaan ini, kamar mesin terletak dibagian belakang, sehingga losses yang terjadi hanya 2% . Bekerja 98%

$$SHP = DHP / \eta_s \quad \text{HP}$$

$$\eta_s = 0.98 \quad (\text{Losses sebesar } 2\%)$$

Dimana : DHP = 94.6 HP

$$SHP = 96.53 \text{ HP}$$

$$SHP = 71.98 \text{ kW}$$

## 6. MENGHITUNG DAYA PENGGERAK UTAMA YANG DIBUTUHKAN

### 6.a. BHP SCR

Adanya pengaruh efisiensi roda sistem gigi transmisi ( $\eta_G$ ), pada tugas ini memakai sistem roda gigi , sehingga  $\eta_G = 0.98$

 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	<b>PROPELLER DAN SISTEM PERPOROSAN</b>	Project Doc. No. Ship Name <b>RORO BARGE</b> Revisi :
--	--	--

**BHP<sub>scr</sub> = SHP / Effisiensi Gearbox**

Dimana :

$$\eta_g = 0.98$$

$$\text{SHP} = 98.497 \text{ HP}$$

$$\text{BHP}_{\text{scr}} = 96.53 \text{ HP}$$

$$\text{BHP}_{\text{scr}} = 71.98 \text{ kW}$$

#### 6.B. BHP MCR

Daya keluaran pada kondisi maksimum dari motor induk.

Karena terdapat engine margin maka daya minimum yang dibutuhkan untuk menggerakkan kapal saat  $V_s$  bernilai 0,8 - 0,9 dari daya mesin saat kondisi maksimum (D Stapersma & Hk Woud (2005) Matching propulsion engine with propulsor, Journal of Marine Engineering & Technology, Hal 29)


Daya  $\text{BHP}_{\text{scr}}$  diambil 85,00%

$$\text{BHP}_{\text{MCR}} = \text{BHP}_{\text{scr}} / 0,85$$

$$\text{BHP}_{\text{MCR}} = 113.56 \text{ HP}$$

$$\text{BHP}_{\text{MCR}} = 85 \text{ kW}$$

DAYA PADA MESIN 1		KETERANGAN
115.00	HP	Daya Terpenuhi
85.76	kW	


 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	<b>PROPELLER DAN SISTEM PERPOROSAN</b>		<b>Project</b> <b>Doc. No.</b> <b>Ship</b> <b>RORO BARGE</b> <b>Name</b> <b>Revisi</b> :	
<b>DATA UTAMA KAPAL YANG DI RANCANG</b>				
LPP = 15.00 m Lwl = 15.45 m Ldisp = 15.23 m B = 7.00 m H = 2.10 m T = 1.50 m Cm = 1.00 Cp = 0.80 L/B = 2.14 B/T = 4.67 Cwp = 0.92 Fn = -	Vs    $v_{air\ laut\ (15^{\circ})}$ g $\rho$	=    = = =	9 knot    1.19E-06 m <sup>2</sup> /s 9.81 m/s <sup>2</sup> 1.025 ton/m <sup>3</sup>	=    (1,1883 x 10 <sup>-6</sup> )  = 1025 kg/m <sup>3</sup>
<b>DATA NSP DIAGRAM</b>		<b>KONVERSI SATUAN</b>		
$\beta(Cm)$ = 1.00 $\delta(Cb)$ = 0.88 $\varphi(Cp)$ = 0.88 e % = 1.45 % Cbw1 = 0.87 Cblpp = 0.89	1 m 1 knot 1 mil laut 1 m <sup>2</sup> /s 1 m/s 1 HP 1 kW	= = = = = = =	3.28 ft 0.51 m/s 1.85 km 10.37 ft <sup>2</sup> /s 3.60 km/jam 0.75 kW 1.34 HP	=       1,852.0 m
<b>ENGINE PROPELLER MATCHING (ENGINE 1)</b>				

#### 1. DATA PEMILIHAN PROPELLER

Type	Diameter (m)	N(rps)	P/Db	$\eta_b$	Ae/Ao	1/j	Z
B4-85	0.78	19.826355	1.085	0.68	0.85	12.288	4

#### 2. DATA MAIN ENGINE

Pemilihan Main Engine	Engine 1	
	YANMAR	
Type	6CHE	
Cycle	6 stroke	
Cylinder Number	6	
Power (kW)	170	
Power (HP)	228	
Cylinder Bore (mm)	105	
Piston Stroke (mm)	125	
DIMENSI (mm)		
Length (mm)	1600	
Width (mm)	736	
Height (mm)	1096	
Weight (ton)	216	
Rotation (rpm)	2550.0	
SFOC (g/kwH)	171	
SLOC (g/kwH)	0.7	
Fuel	HSD	
Ratio Gear Box	3.857	

 ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember	<b>PROPELLER DAN SISTEM PERPOROSAN</b>	<b>Project</b> <b>Doc. No.</b> <b>Ship</b> <b>RORO BARGE</b> <b>Name</b> <b>Revisi</b> :
---	--	--

### 3. DATA PERHITUNGAN SEBELUMNYA

- a.  $R_{t\text{clean hull}} = 9.10 \text{ kN}$  (Tanpa sea margin (tahanan kapal masih baru))  
b.  $R_{t\text{rough hull}} = 10.47 \text{ kN}$  (Tahanan dengan sea margin (lambung kapal sudah terdapat fouling))  
c.  $S = 135.23 \text{ m}^2$  (Luasan Permukaan Basah Bdan Kapal)  
d.  $V_a = 2.58 \text{ knot} = 1.33 \text{ m/s}$   
e.  $t = 0.40$  (trust deduction factor)  
f.  $T = R_{t\text{rough hull}} / (1-t) \text{ kN}$  (Thrust of propeller)  
 $T = 17.4919 \text{ kN}$   
g.  $w = 0.45$  (wake friction)

Keterangan:

- $\alpha$  = Konstanta, dimana  $\alpha$  adalah  $= 0.5 \times \rho \times C_t \times S$   
 $\beta$  = Konstanta  
 $KT$  = Koefisien Gaya Dorong (thrust) Baling-baling  
 $J$  = Koefisien Gaya Advanced Baling-baling  
 $KQ$  = Koefisien Torsi Baling-Baling  
 $Q$  = Torsi

### 4. PERHITUNGAN ALFA ( $\alpha$ )

$$R_t = 0.5 \times \rho \times C_t \times S \times v_s^2$$

$$R_t = \alpha \times v_s^2$$

$$\alpha = R_t / v_s^2$$

Dimana :

$$R_t = \text{N}$$

$$v_s = \text{m/s}$$

$V_s$ (knot)	$V_s$ (m/s)	$R_{t\text{clean hull}}$ (N)	$R_{t\text{rough hull}}$ (N)
9.00	4.63	9,102	10,468

**$\alpha$  Clean Hull dan  $\alpha$  Rough Hull**

**PADA VARIASI KECEPATAN**

$$\alpha = R_t / v_s^2$$

$V_s$ (knot)	$V_s$ (m/s)	$\alpha_{\text{Clean Hull}}$	$\alpha_{\text{Rough Hull}}$
9.00	4.63	424.7	488.4

### 3. PERHITUNGAN BETA ( $\beta$ )

$$\beta = \alpha / \{(1-t) (1-w)^2 \times \rho \times D^2\}$$


Dimana :

$$\rho_{\text{air laut}} = \text{kg/m}^3$$

**$\beta$  Clean Hull dan  $\beta$  Rough Hull**

$V_s$ (knot)	$V_s$ (m/s)	$\beta_{\text{Clean Hull}}$	$\beta_{\text{Rough Hull}}$
9.00	4.63	3.71055	4.26713



 ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember	<b>PROPELLER DAN SISTEM PERPOROSAN</b>	<b>Project</b> <b>Doc. No.</b> <b>Ship</b> <b>RORO BARGE</b> <b>Name</b> <b>Revisi</b> :
---	--	--

#### 4. HULL - PROPELLER MATCHING

KT ditentukan dengan rumus  $KT = \beta \times J^2$ , dimana  $\beta$  pada setiap variasi kecepatan kapal yang telah diketahui untuk masing-masing kondisi (clean hull dan rough hull).

$$K_T = \beta \cdot J^2$$

$$J = \frac{V_a}{nD}$$

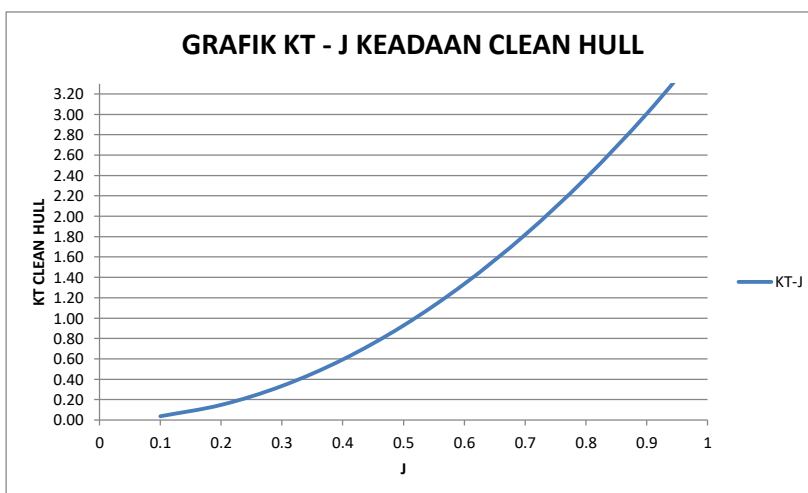
$$V_a = V_s \times (1 - w)$$


Untuk mengetahui perpotongan pada diagram perlu dilakukan Perhitungan KT pada tiap-tiap kecepatan dengan J antara 0-1 pada keadaan trial dan service

**TABEL KT <sub>Clean Hull</sub> DENGAN VARIASI J 0,1 S.D 1**

$$K_T = \beta \cdot J^2$$

J	KT-J
0.1	0.03711
0.2	0.14842
0.3	0.33395
0.4	0.59369
0.5	0.92764
0.6	1.33580
0.7	1.81817
0.8	2.37475
0.9	3.00554
1	3.71055

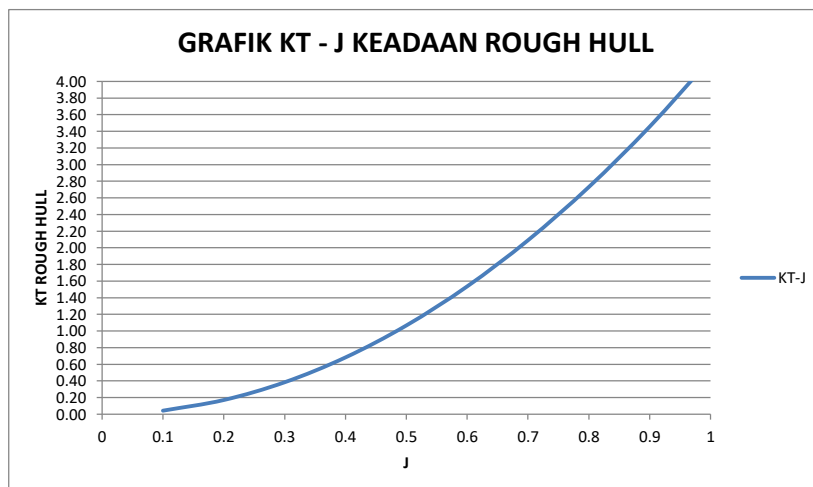


 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	<b>PROPELLER DAN SISTEM PERPOROSAN</b>	Project	
		Doc. No.	
		Ship	<b>RORO BARGE</b>
		Name	
		Revisi	:

**TABEL KT<sub>ROUGH HULL</sub> DENGAN VARIASI J 0,1 S.D 1**

$$K_T = \beta \cdot J^2$$

J	KT-J
0.1	0.04267
0.2	0.17069
0.3	0.38404
0.4	0.68274
0.5	1.06678
0.6	1.53617
0.7	2.09089
0.8	2.73096
0.9	3.45637
1	4.26713




Dengan demikian, semakin besar nilai J (pembebanan), maka nilai KT (koefisien thrust) akan semakin besar pula.

##### 5. MENENTUKAN DIAGRAM KT - KQ - J (OPEN WATER TEST)

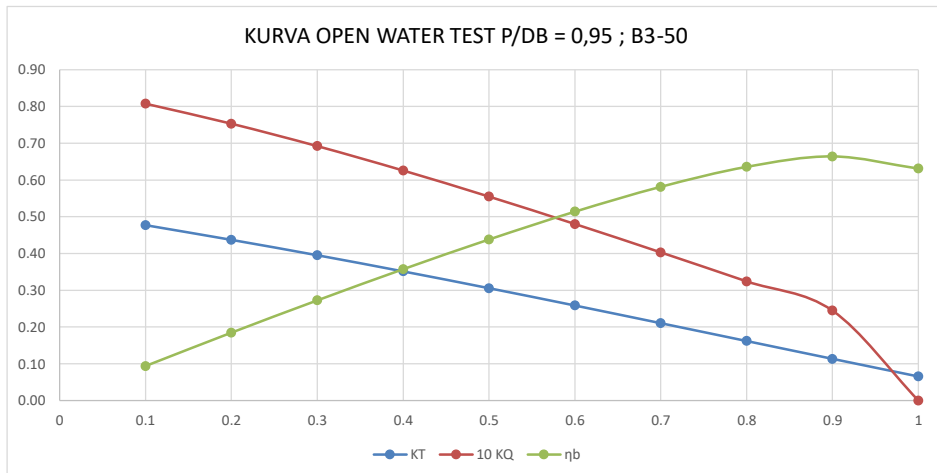
Pembuatan diagram KT - KQ - J dilakukan dengan cara interpolasi pada diagram open water test tipe propeller dengan

P/D = 0.95 sehingga didapatkan data KT, KQ, dan  $\eta$  adalah sebagai berikut :

B4-85			
P/Db	1.085		
J	KT	10 KQ	$\eta_b$
0.1	0.477	0.808	0.094
0.2	0.437	0.753	0.185
0.3	0.395	0.692	0.273
0.4	0.351	0.626	0.357
0.5	0.306	0.555	0.438
0.6	0.259	0.480	0.514
0.7	0.211	0.403	0.582
0.8	0.162	0.324	0.636

 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember		<b>PROPELLER DAN SISTEM PERPOROSAN</b>		<b>Project</b> <b>Doc. No.</b> <b>Ship</b> <b>RORO BARGE</b> <b>Name</b> <b>Revisi</b> :
---	--	--	--	--

0.9	0.113	0.245	0.664
1	0.066	0.0000	0.631



## 6. PENCOCOKAN ENGINE DAN PROPELLER

Untuk mendapatkan nilai KT, KQ, J, dan efisiensi dari kurva variasi kecepatan cukup dengan menarik garis lurus ke sumbu J dari perpotongan antara kurva variasi kecepatan dengan kurva KT. Dari nilai J bisa didapat rpm propeller pada kecepatan tertentu dari nilai KT bisa didapat thrust yang dihasilkan dan dari KQ bisa mendapatkan nilai Q.

- A. Perhitungan putaran propeller  
Perhitungan propeller dilakukan dengan menggunakan rumus J  

$$J = V_a / N d$$

$$n = V_a / J D \text{ rps}$$
- B. Perhitungan nilai Q  

$$Q = KQ \times \rho \times D^5 \times n^2$$
- C. Perhitungan Torsi  

$$T = KT \times \rho \quad (n = \text{rps})$$
- D. Perhitungan DHP  

$$DHP = 2\pi \times Q \times n$$
- E. Perhitungan SHP  

$$SHP = \frac{DHP}{0.98}$$
- F. Perhitungan BHP  

$$BHP = \frac{SHP}{0.98}$$

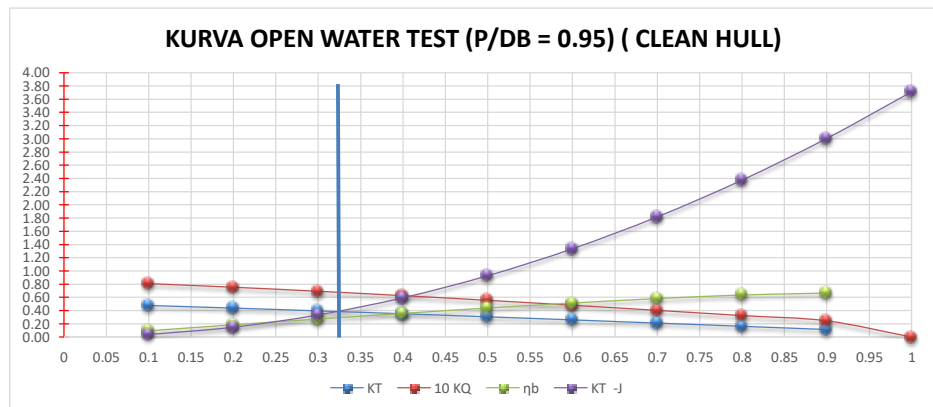


# PROPELLER DAN SISTEM PERPOROSAN

Project  
Doc. No.  
Ship RORO BARGE  
Name  
Revisi :

TABEL KT TRIAL DENGAN VARIASI J DAN KT,10 KQ ,  $\eta_b$  (P/DB = 0.950) ( CLEAN HULL)

KEADAAN TRIAL (CLEAN HULL)				
J	KT -J	P/DB = 1.085		
		KT	10 KQ	$\eta_b$
0.1	0.03711	0.4772	0.8076	0.0940
0.2	0.14842	0.4372	0.7532	0.1847
0.3	0.33395	0.3953	0.6923	0.2726
0.4	0.59369	0.3514	0.6258	0.3573
0.5	0.92764	0.3057	0.5549	0.4382
0.6	1.33580	0.2586	0.4803	0.5139
0.7	1.81817	0.2105	0.4031	0.5816
0.8	2.37475	0.1620	0.3242	0.6358
0.9	3.00554	0.1135	0.2446	0.6643
1	3.71055	0.0655	0.0000	0.6311



TABEL PEMBACAAN KT TRIAL DENGAN VARIASI J DAN KT,10 KQ ,  $\eta_b$  (P/DB = 0.923) (CLEAN HULL)

Vs	J	Va(m/s)	N prop(rps)	N prop(rpm)	N mesin(rp m)	KT	T(kN)
9.00	0.300	1.32886	5.67891	340.7	661.1	0.20000	2.4471

Vs	KQ	Q(kN)	DHP(kW)	SHP(kW)	BHP(kW)	$\eta_b$
9	0.0595	0.6	20.27	20.68	21.11	0.3000

TABEL KT SERVICE DENGAN VARIASI J DAN KT,10 KQ ,  $\eta_b$  (P/DB = 0.95) ( ROUGH HULL)

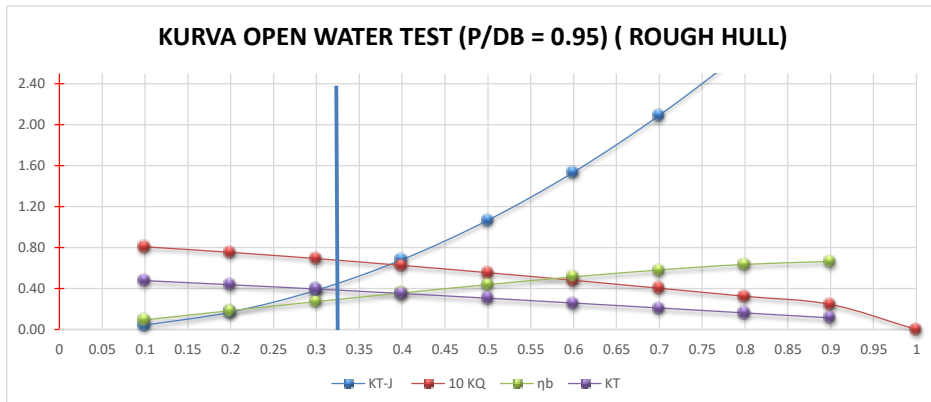
KEADAAN SERVICE (ROUGH HULL)				
J	KT-J	P/DB = 1.085		
		KT	10 KQ	$\eta_b$
0.1	0.04267	0.4772	0.8076	0.0940
0.2	0.17069	0.4372	0.7532	0.1847
0.3	0.38404	0.3953	0.6923	0.2726
0.4	0.68274	0.3514	0.6258	0.3573
0.5	1.06678	0.3057	0.5549	0.4382
0.6	1.53617	0.2586	0.4803	0.5139




**PROPELLER DAN SISTEM PERPOROSAN**

Project  
 Doc. No.  
 Ship **RORO BARGE**  
 Name  
 Revisi :

0.7	2.09089	0.2105	0.4031	0.5816
0.8	2.73096	0.1620	0.3242	0.6358
0.9	3.45637	0.1135	0.2446	0.6643
1	4.26713	0.0655	0.0000	0.6311



 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	<b>PROPELLER DAN SISTEM PERPOROSAN</b>	<b>Project</b> <b>Doc. No.</b> <b>Ship</b> <b>RORO BARGE</b> <b>Name</b> <b>Revisi</b> :
---	--	--


**TABEL PEMBACAAN KT SERVICE DENGAN VARIASI J DAN KT,10 KQ,  $\eta_b$  (P/DB = 0.95) ( ROUGH HULL)**

Vs	J	Va(m/s)	N prop(rps)	N prop(rpm)	N mesin(rp m)	KT	T(kN)
9	0.33	1.33	5.16	309.76	661.14	0.18	1.82

Vs	KQ	Q(kN)	DHP(kW)	SHP(kW)	BHP(kW)	$\eta_b$
9	0.06	0.48	15.61	15.93	16.26	0.32

**KONDISI TRIAL PEMBEBANAN MESIN TERHADAP PROPELLER**

Mesin n (%)	Mesin n (RPM)	Propeller		Q (Nm) ( $KQ \cdot r \cdot n^2 \cdot D^5$ )	DHP (kW) ( $2 \pi \cdot Q \cdot n$ )	SHP (kW) DHP / $\eta_{sqb}$	BHP (kW)	% BHP
		n (rpm)	n (rps)					
0%	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
5%	127.5	33.06	0.55	5.34	0.02	0.02	0.02	0.01%
10%	255.0	66.11	1.10	21.38	0.15	0.15	0.15	0.09%
15%	382.5	99.17	1.65	48.10	0.50	0.51	0.52	0.31%
20%	510.0	132.23	2.20	85.52	1.18	1.21	1.23	0.73%
25%	637.5	165.28	2.75	133.62	2.31	2.36	2.41	1.42%
30%	765.0	198.34	3.31	192.41	4.00	4.08	4.16	2.45%
35%	892.5	231.40	3.86	261.89	6.35	6.48	6.61	3.89%
40%	1020.0	264.45	4.41	342.06	9.48	9.67	9.87	5.80%
45%	1147.5	297.51	4.96	432.92	13.49	13.77	14.05	8.26%
50%	1275.0	330.57	5.51	534.47	18.51	18.89	19.27	11.34%
55%	1402.5	363.62	6.06	646.71	24.64	25.14	25.65	15.09%
60%	1530.0	396.68	6.61	769.64	31.98	32.64	33.30	19.59%
65%	1657.5	429.74	7.16	903.25	40.66	41.49	42.34	24.91%
70%	1785.0	462.79	7.71	1047.56	50.79	51.83	52.88	31.11%
75%	1912.5	495.85	8.26	1202.55	62.47	63.74	65.04	38.26%
80%	2040.0	528.91	8.82	1368.24	75.81	77.36	78.94	46.43%
82%	2091.0	542.13	9.04	1437.51	81.64	83.31	85.01	50.01%
84%	2142.0	555.35	9.26	1508.48	87.76	89.55	91.38	53.75%
86%	2193.0	568.58	9.48	1581.17	94.18	96.10	98.07	57.69%
88%	2244.0	581.80	9.70	1655.57	100.91	102.97	105.07	61.80%
90%	2295.0	595.02	9.92	1731.68	107.95	110.15	112.40	66.12%
91%	2320.5	601.63	10.03	1770.37	111.58	113.86	116.18	68.34%
92%	2346.0	608.24	10.14	1809.50	115.30	117.66	120.06	70.62%
93%	2371.5	614.86	10.25	1849.05	119.10	121.53	124.01	72.95%
94%	2397.0	621.47	10.36	1889.03	122.99	125.50	128.06	75.33%
95%	2422.5	628.08	10.47	1929.4	126.95	129.55	132.19	77.76%
96%	2448.0	634.69	10.58	1970.3	131.01	133.68	136.41	80.24%
97%	2473.5	641.30	10.69	2011.5	135.14	137.90	140.71	82.77%
98%	2499.0	647.91	10.80	2053.2	139.37	142.21	145.11	85.36%
99%	2524.5	654.52	10.91	2095.3	143.68	146.61	149.60	88.00%
100%	2550.0	661.14	11.02	2137.9	148.07	151.10	154.18	90.69%

 <b>ITS</b> <small>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER</small>	<b>PROPELLER DAN SISTEM PERPOROSAN</b>	<b>Project</b> <b>Doc. No.</b> <b>Ship</b> <b>RORO BARGE</b> <b>Name</b> <b>Revisi</b> :
--	--	--

#### KONDISI SERVICE PEMBEBANAN MESIN TERHADAP PROPELLER

Mesin n (%)	Mesin n (RPM)	Propeller		Q (Nm) (KQ r n <sup>2</sup> D <sup>5</sup> )	DHP (kW) (2 π Q n)	SHP (kW) DHP / η <sub>sqh</sub>	BHP (kW)	% BHP
		n (rpm)	n (rps)					
0%	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
5%	127.5	33.06	0.55	5.48	0.02	0.02	0.02	0.01%
10%	255.0	66.11	1.10	21.92	0.15	0.15	0.16	0.09%
15%	382.5	99.17	1.65	49.31	0.51	0.52	0.53	0.31%
20%	510.0	132.23	2.20	87.67	1.21	1.24	1.26	0.74%
25%	637.5	165.28	2.75	136.99	2.37	2.42	2.47	1.45%
30%	765.0	198.34	3.31	197.26	4.10	4.18	4.27	2.51%
35%	892.5	231.40	3.86	268.49	6.51	6.64	6.78	3.99%
40%	1020.0	264.45	4.41	350.68	9.72	9.91	10.12	5.95%
45%	1147.5	297.51	4.96	443.83	13.83	14.12	14.40	8.47%
50%	1275.0	330.57	5.51	547.94	18.98	19.36	19.76	11.62%
55%	1402.5	363.62	6.06	663.01	25.26	25.77	26.30	15.47%
60%	1530.0	396.68	6.61	789.04	32.79	33.46	34.14	20.08%
65%	1657.5	429.74	7.16	926.02	41.69	42.54	43.41	25.53%
70%	1785.0	462.79	7.71	1073.97	52.07	53.13	54.22	31.89%
75%	1912.5	495.85	8.26	1232.87	64.04	65.35	66.68	39.23%
80%	2040.0	528.91	8.82	1402.73	77.72	79.31	80.93	47.61%
82%	2091.0	542.13	9.04	1473.75	83.70	85.41	87.15	51.27%
84%	2142.0	555.35	9.26	1546.51	89.98	91.81	93.69	55.11%
86%	2193.0	568.58	9.48	1621.03	96.56	98.53	100.54	59.14%
88%	2244.0	581.80	9.70	1697.31	103.45	105.56	107.72	63.36%
90%	2295.0	595.02	9.92	1775.33	110.67	112.93	115.23	67.78%
91%	2320.5	601.63	10.03	1815.01	114.40	116.73	119.11	70.07%
92%	2346.0	608.24	10.14	1855.12	118.21	120.62	123.08	72.40%
93%	2371.5	614.86	10.25	1895.66	122.11	124.60	127.14	74.79%
94%	2397.0	621.47	10.36	1936.6	126.09	128.66	131.29	77.23%
95%	2422.5	628.08	10.47	1978.1	130.15	132.81	135.52	79.72%
96%	2448.0	634.69	10.58	2019.9	134.31	137.05	139.85	82.26%
97%	2473.5	641.30	10.69	2062.2	138.55	141.38	144.26	84.86%
98%	2499.0	647.91	10.80	2105.0	142.88	145.79	148.77	87.51%
99%	2524.5	654.52	10.91	2148.2	147.30	150.30	153.37	90.22%
100%	2550.0	661.14	11.02	2191.8	151.81	154.90	158.07	92.98%

#### YANMAR

##### LOAD LIMIT CURVE

NO	POWER		SPEED (n)	
	%	kW	%	rpm
1	18.00%	30.60	65.0%	1657.5
2	65.00%	110.50	100.0%	2550.0

Minimum Rpm	
Daya (kW)	n (rpm)
110.50	1657.5
30.60	1657.5

##### MAXIMUM OVER LOAD CURVE

NO	POWER		SPEED (n)	
	%	kW	%	rpm
1	65.00%	110.50	65.0%	1657.5
2	100.00%	170.00	100.0%	2550.0

Maximum Rpm	
Daya (kW)	n (rpm)
170.00	2550.0
110.50	2550.0

PROPELLER yang TERPILIH	
Tipe Propeller	B3-35
Db (m)	0.84398
P/Db	0.95
$\eta$ open water	0.73
Ae/Ao	0.35

Vs		Va	np	Ne	Ne	kq	Q	DHP	BHP
knot	m/s	m/s	rps	rpm	%		Nm	kW	kW
6.5	3.3438889	1.87257778	5.6600679	1748.961	67.27%	0.0357	489.7475567	17.42402789	18.14246969
7	3.60111111	2.01662222	6.0186888	1859.7748	71.53%	0.0352	559.6687757	21.17325369	22.04628665
7.5	3.85833333	2.16066667	6.3683887	1967.8321	75.69%	0.0351	624.8141914	25.01123204	26.04251566
8	4.11555556	2.30471111	6.8269127	2109.516	81.14%	0.03515	719.0493015	30.85585992	32.12813403
8.5	4.37277778	2.44875556	7.3268634	2264.0008	87.08%	0.0363	855.3176867	39.39128808	41.01550196
9	4.63	2.5928	7.9382706	2452.9256	94.34%	0.037	1023.382912	51.06445431	53.16998575

% Rated power	Ct	S	t	w	Diameter	bilangan $\beta$
		m^2			m	
29.03%	0.00398689	143.563	0.4	0.44	0.844	2.135279286
35.27%	0.00375995	143.563	0.4	0.44	0.844	2.013739952
41.67%	0.00364966	143.563	0.4	0.44	0.844	1.954670247
51.41%	0.0037012	143.563	0.4	0.44	0.844	1.982275265
65.62%	0.00389786	143.563	0.4	0.44	0.844	2.08760031
85.07%	0.00399669	143.563	0.4	0.44	0.844	2.140530986

KURVA KARAKTERISTIK KT vs J

J	J^2	Kt lambung
0	0	0
0.1	0.01	0.02135279
0.2	0.04	0.08541117
0.25	0.0625	0.13345496
0.3	0.09	0.19217514
0.35	0.1225	0.26157171
0.4	0.16	0.34164469
0.45	0.2025	0.43239406
0.5	0.25	0.53381982
0.55	0.3025	0.64592198
0.6	0.36	0.76870054
0.65	0.4225	0.9021555
0.7	0.49	1.04628685
0.75	0.5625	1.2010946
0.8	0.64	1.36657874
0.85	0.7225	1.54273928
0.9	0.81	1.72957622

6.5

J	J^2	Kt lambung
0	0	0
0.1	0.01	0.0201374
0.2	0.04	0.080549598
0.25	0.0625	0.125858747
0.3	0.09	0.181236596
0.35	0.1225	0.246683144
0.4	0.16	0.322198392
0.45	0.2025	0.40778234
0.5	0.25	0.503434988
0.55	0.3025	0.609156335
0.6	0.36	0.724946383
0.65	0.4225	0.85080513
0.7	0.49	0.986732577
0.75	0.5625	1.132728723
0.8	0.64	1.288793569
0.85	0.7225	1.454927115
0.9	0.81	1.631129361

7



J	J^2	Kt lambung
0	0	0
0.1	0.01	0.0195467
0.2	0.04	0.07818681
0.25	0.0625	0.12216689
0.3	0.09	0.17592032
0.35	0.1225	0.23944711
0.4	0.16	0.31274724
0.45	0.2025	0.39582072
0.5	0.25	0.48866756
0.55	0.3025	0.59128775
0.6	0.36	0.70368129
0.65	0.4225	0.82584818
0.7	0.49	0.95778842
0.75	0.5625	1.09950201
0.8	0.64	1.25098896
0.85	0.7225	1.41224925
0.9	0.81	1.5832829

7.5

J	J^2	Kt lambung
0	0	0
0.1	0.01	0.019822753
0.2	0.04	0.079291011
0.25	0.0625	0.123892204
0.3	0.09	0.178404774
0.35	0.1225	0.24282872
0.4	0.16	0.317164042
0.45	0.2025	0.401410741
0.5	0.25	0.495568816
0.55	0.3025	0.599638268
0.6	0.36	0.713619096
0.65	0.4225	0.8375113
0.7	0.49	0.97131488
0.75	0.5625	1.115029837
0.8	0.64	1.26865617
0.85	0.7225	1.432193879
0.9	0.81	1.605642965

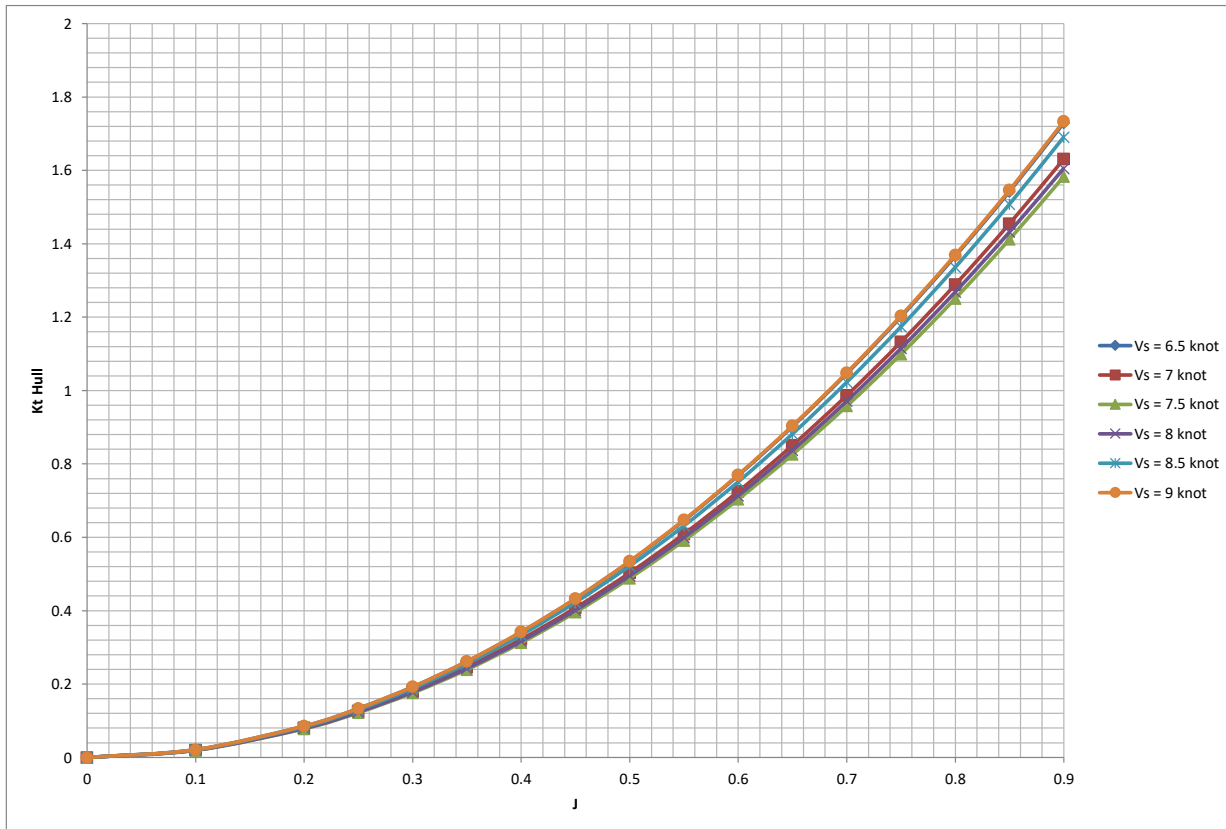
8

J	J^2	Kt lambung
0	0	0
0.1	0.01	0.020876
0.2	0.04	0.08350401
0.25	0.0625	0.13047502
0.3	0.09	0.18788403
0.35	0.1225	0.25573104
0.4	0.16	0.33401605
0.45	0.2025	0.42273906
0.5	0.25	0.52190008
0.55	0.3025	0.63149909
0.6	0.36	0.75153611
0.65	0.4225	0.88201113
0.7	0.49	1.02292415
0.75	0.5625	1.17427517
0.8	0.64	1.3360642
0.85	0.7225	1.50829122
0.9	0.81	1.69095625

8.5

J	J^2	Kt lambung
0	0	0
0.1	0.01	0.02140531
0.2	0.04	0.085621239
0.25	0.0625	0.133783187
0.3	0.09	0.192647789
0.35	0.1225	0.262215046
0.4	0.16	0.342484958
0.45	0.2025	0.433457525
0.5	0.25	0.535132747
0.55	0.3025	0.647510623
0.6	0.36	0.770591155
0.65	0.4225	0.904374342
0.7	0.49	1.048860183
0.75	0.5625	1.20404868
0.8	0.64	1.369939831
0.85	0.7225	1.546533637
0.9	0.81	1.733830099

9



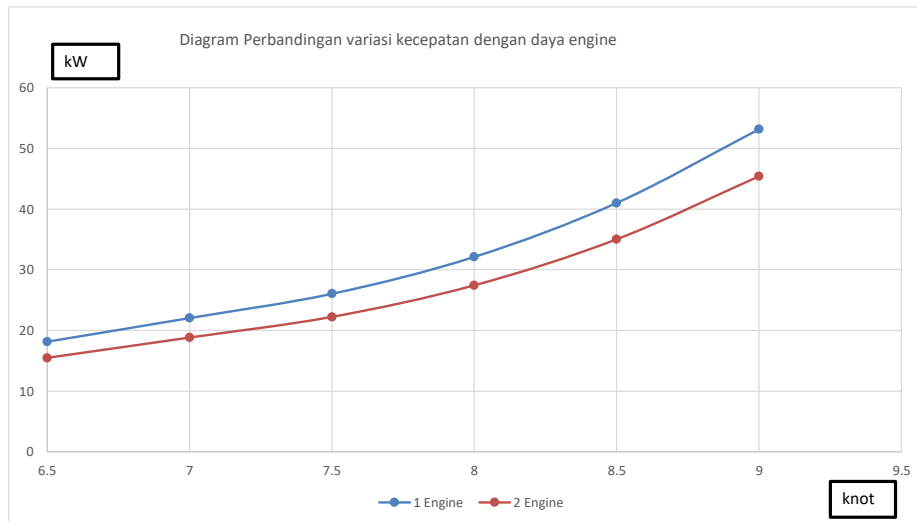
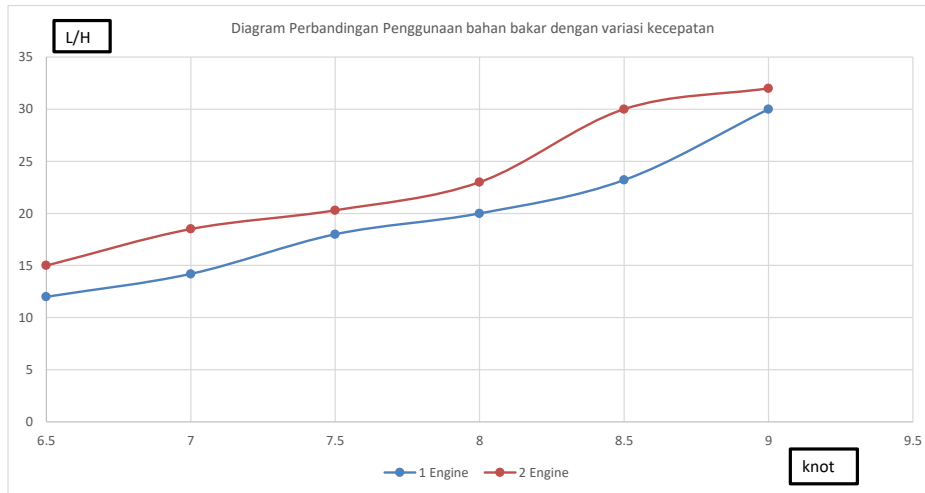
PROPELLER yang TERPILIH	
Tipe Propeller	B4-85
Db (m)	0.779996
P/Db	1.085
n open water	0.68
Ae/Ao	0.85

Vs		Va	np	Ne	Ne	kq	Q	DHP	BHP
knot	m/s	m/s	rps	rpm	%		Nm	kW	kW
6.5	3.3438889	1.872577778	6.124370031	1892.4303	72.79%	0.0357	386.5920681	14.88226379	15.49590149
7	3.601111111	2.016622222	6.512408977	2012.3344	77.40%	0.0352	441.7857864	18.08456396	18.83024153
7.5	3.858333333	2.160666667	6.890795213	2129.2557	81.89%	0.0351	493.2096284	21.36266972	22.24351283
8	4.115555556	2.304711111	7.386932469	2282.5621	87.79%	0.03515	567.5960048	26.3547011	27.44137974
8.5	4.372777778	2.448755556	7.927894695	2449.7195	94.22%	0.0363	675.1621909	33.64500701	35.03228551
9	4.63	2.5928	8.589456359	2654.142	102.08%	0.037	807.8278511	43.61532731	45.41371024

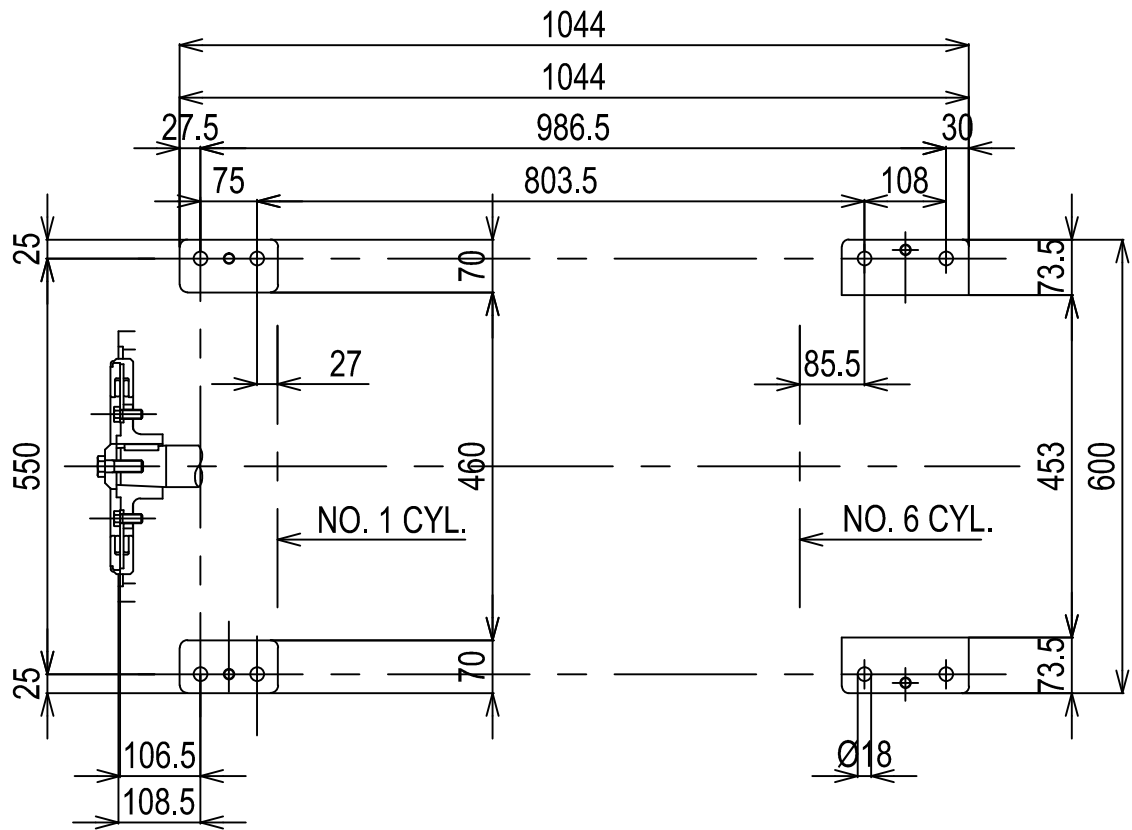
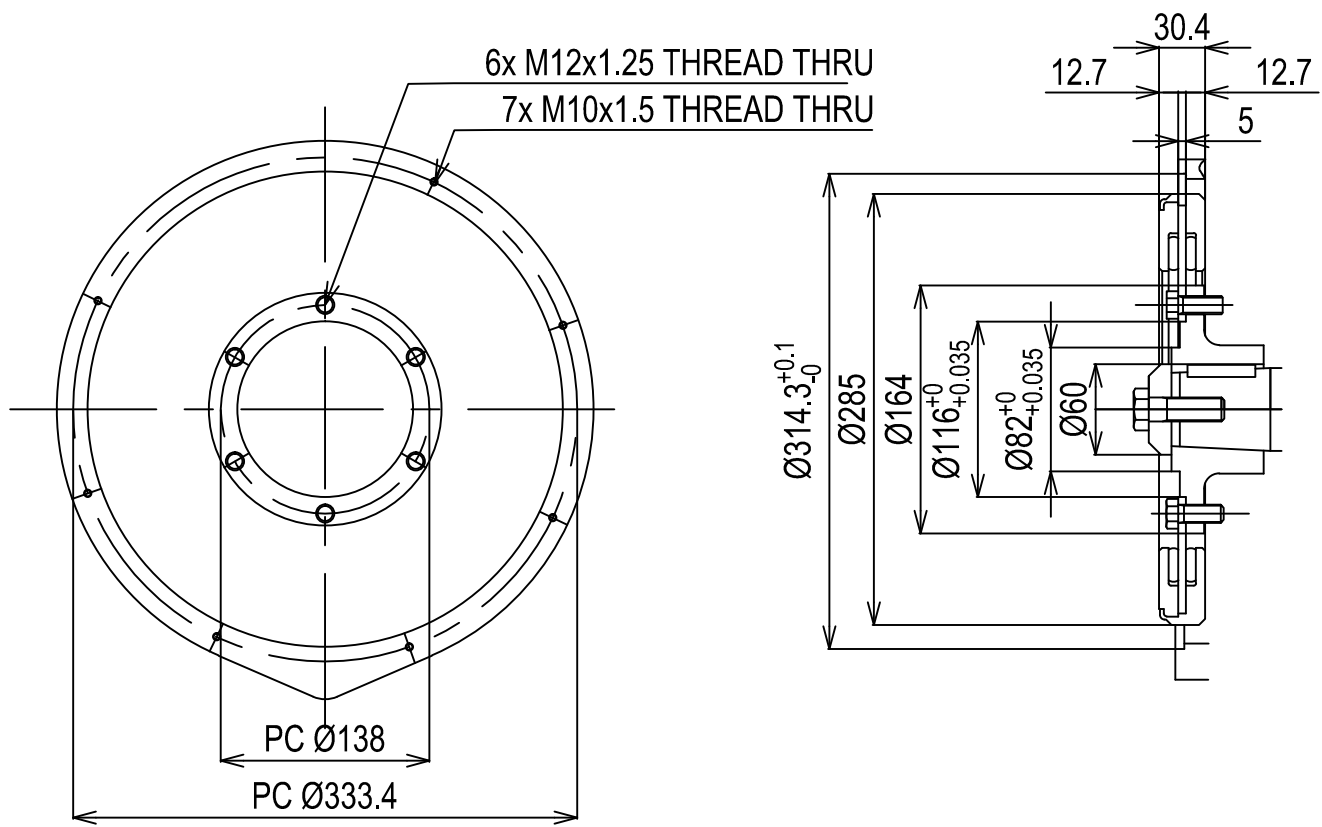
% Rated power	Ct	S	t	w	Diameter	bilangan β
		m^2			m	
24.79%	0.00398689	143.563	0.4	0.44	0.780	2.49996683
30.13%	0.00375995	143.563	0.4	0.44	0.780	2.357669611
35.59%	0.00364966	143.563	0.4	0.44	0.780	2.288511302
43.91%	0.0037012	143.563	0.4	0.44	0.780	2.320831023
56.05%	0.00389786	143.563	0.4	0.44	0.780	2.44414469
72.66%	0.00399669	143.563	0.4	0.44	0.780	2.506115475

M1	Vs	Bahan Bakar
	knot	L/H
	6.5	12
	7	14.2
	7.5	18
	8	20
	8.5	23.2
	9	30
M2	Vs	Bahan Bakar
	knot	L/H
	6.5	15
	7	18.5
	7.5	20.3
	8	23
	8.5	30
	9	32

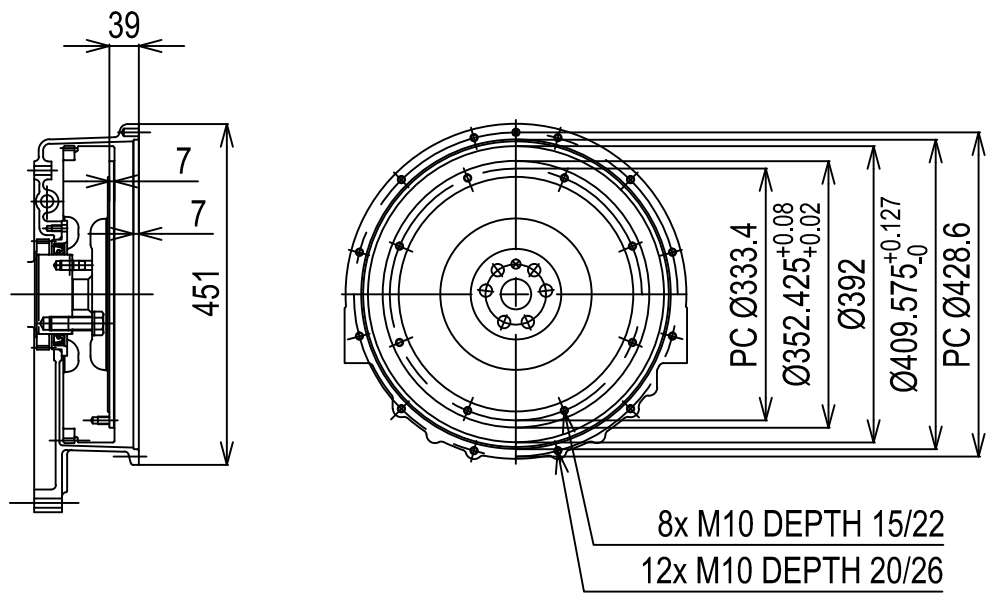
M1	Vs	BHP
	knot	Kw
	6.5	18.14
	7	22.04
	7.5	26.04
	8	32.12
	8.5	41.01
	9	53.16
M2	Vs	BHP
	knot	Kw
	6.5	15.49
	7	18.83
	7.5	22.24
	8	27.44
	8.5	35.03
	9	45.41



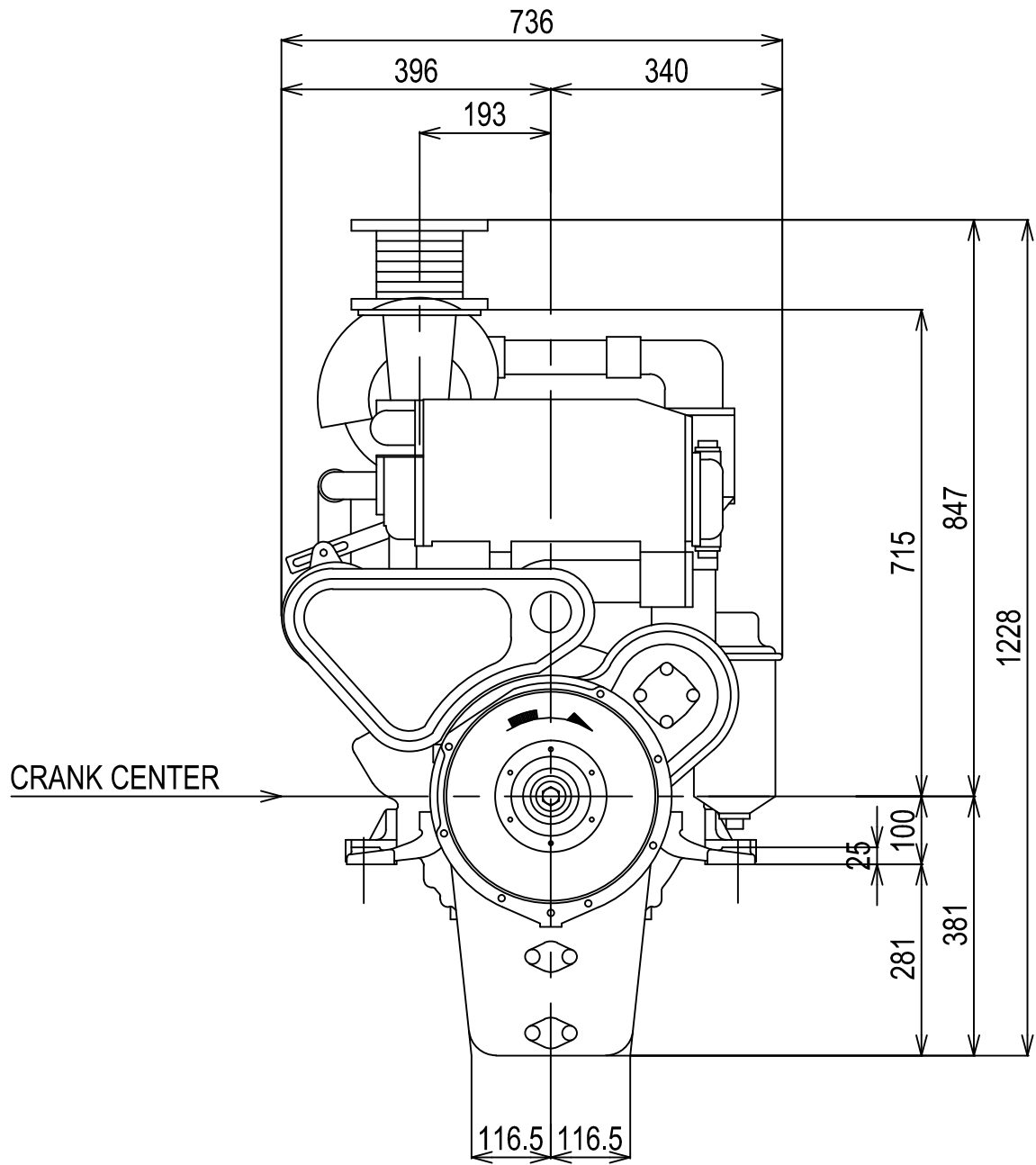
DETAIL OF FRONT PTO (1:5)



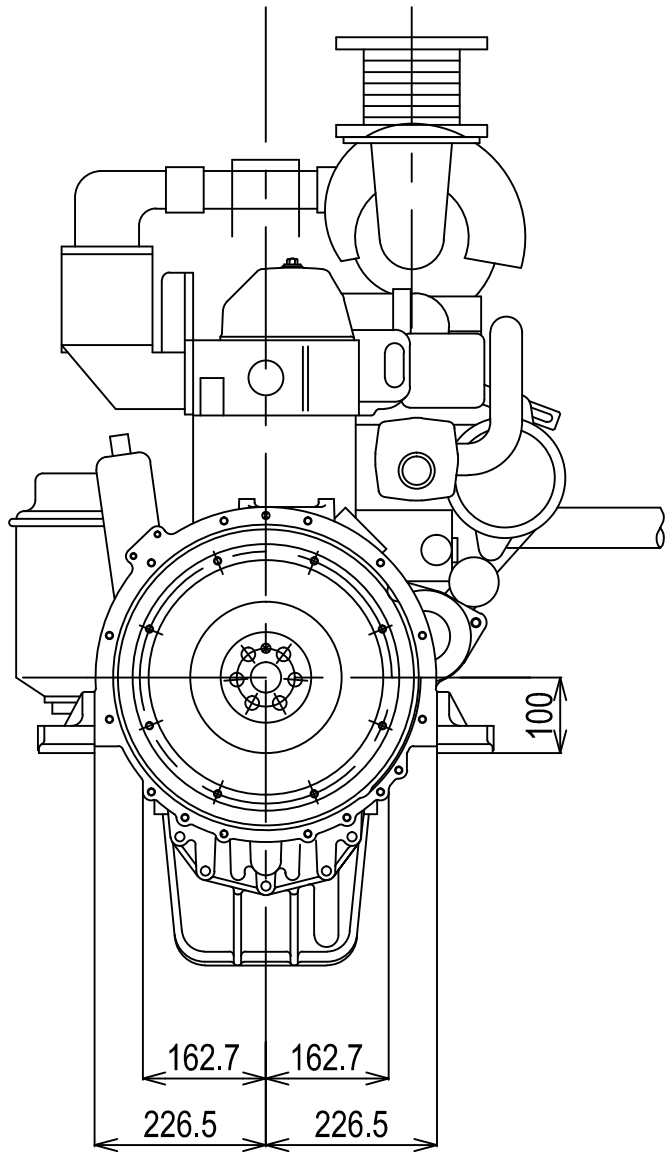
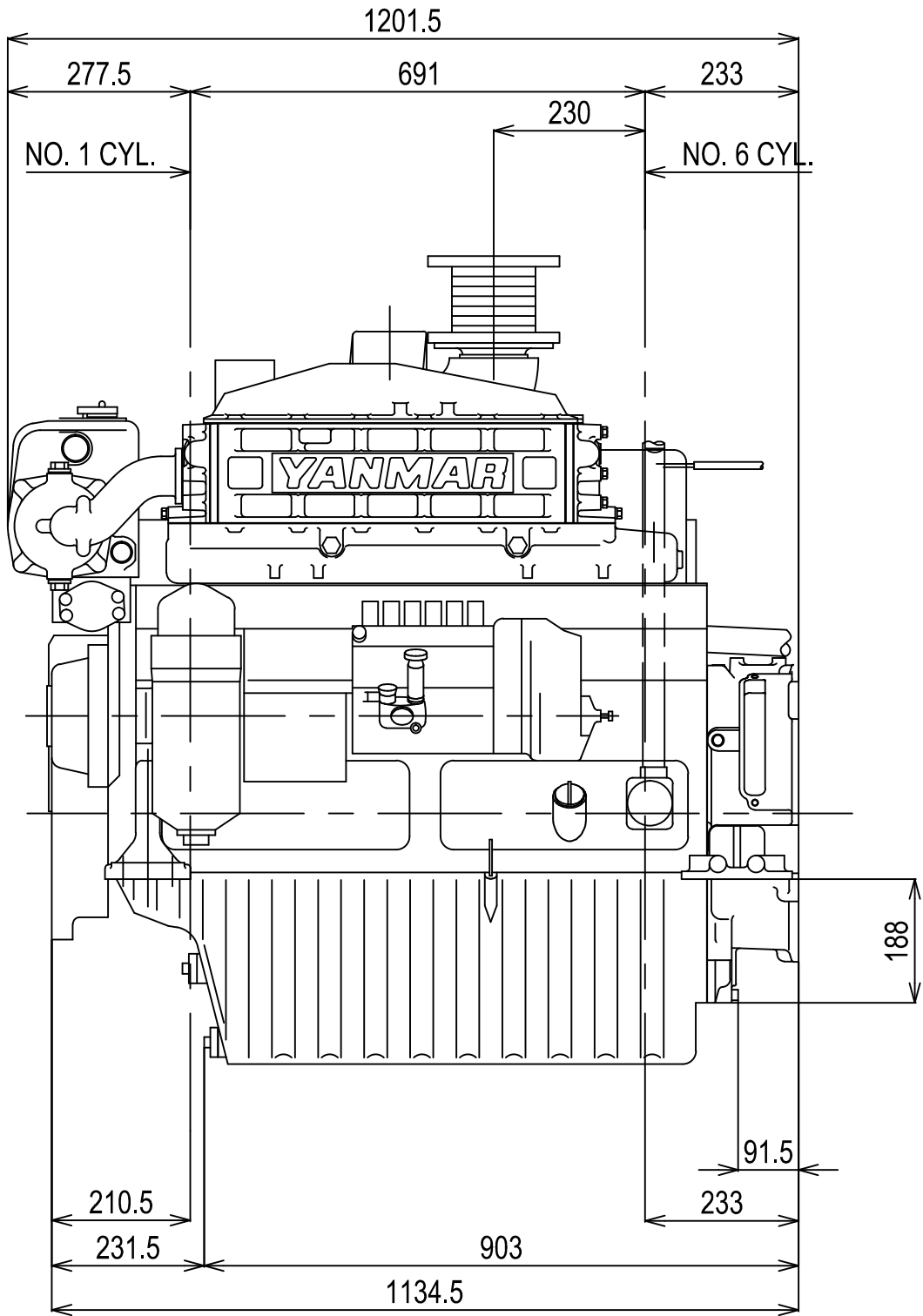
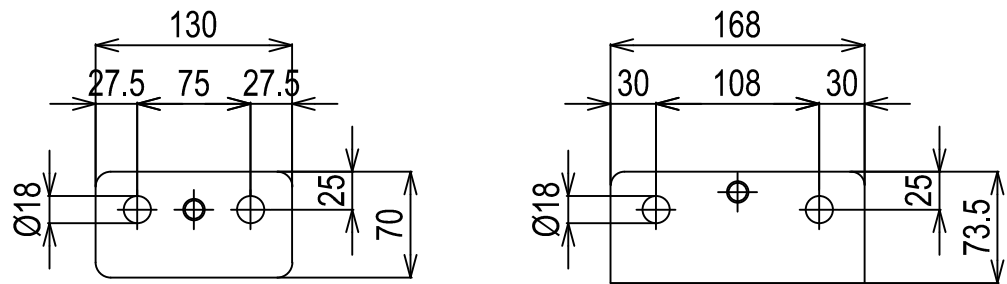
DETAIL OF FLYWHEEL



Flywheel housing & Flywheel : SAE #3 & #11-1/2

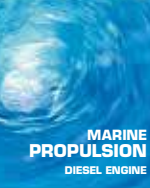


DETAIL OF MOUNTING BLOCK (1:5)



Engine:	6CH-HTE3_BOBTAIL	Release:	-
Scale:	1:10	Date:	01-04-2013
		Dimensions:	mm

YANMAR



# 6CH-HTE3 / WUTE

**M • L-rating** 125~206kW (170~280mph)

# YANMAR



- Direct injection, heat exchanger cooling.
- Turbocharger + intercooler.
- Durable hydraulic marine gear.
- 6CH-WUTE conform to IMO Tier II emissions regulations.

## Specifications

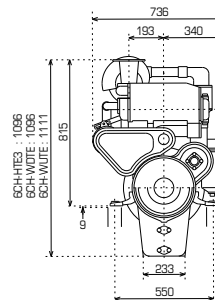
Model	6CH-HTE3	6CH-WUTE
Number of cylinders	6 in-line	
Bore × stroke	mm 105 × 125	
Displacement	lit. 6.494	
Rated output	kW(hp)/rpm M : 125(170)/2550	M : 188(255)/2550
	L : 140(190)/2600	L : 206(280)/2600
Combustion system	Direct injection	
Aspiration	Turbocharger + intercooler	
Starting system	Electric starting motor (24V 4.0kW)	
Cooling system	Heat exchanger	
Marine gear	Hydraulic	
Size of flywheel housing and flywheel	SAE #3 and 11-1/2 in.	
Dry mass (with marine gear)	kg 895	940
Dimensions (L×W×H)	mm 1575×736×1096	1600×736×1111

## Marine gear specifications

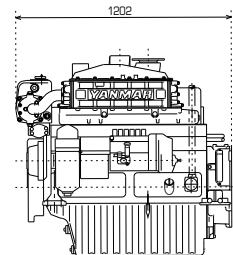
Engine model : 6CH-HTE3, 6CH-WUTE	
Model	YX-71
Type	Hydraulic multi-disc clutch, wet type
Reduction ratio (Ahead)	2.07 2.58 2.91 3.53
Direction of rotation (propeller shaft)	Clockwise or counter-clockwise viewed from stern
Dry weight	kg 220

## Dimensions Unit:mm

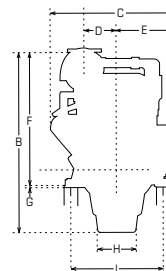
Engine only / Front view



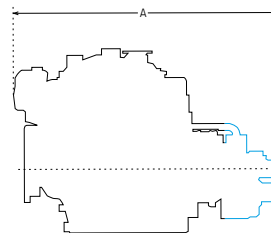
Engine only / Left side view



With gearbox / Front view



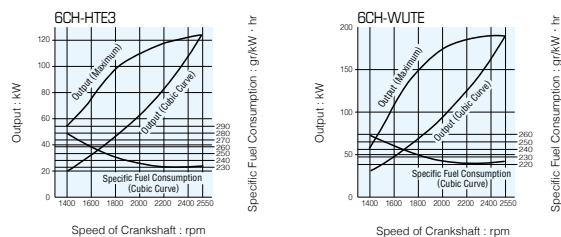
With gearbox / Left side view



	A	B	C	D	E	F	G	H	I
6CH-HTE3×YX-71	1600	1096	736	193	340	815	9	233	550
6CH-WUTE×YX-71	1600	1111	736	193	340	815	9	233	550

— Marine gear

## Performance curves



# 1. Engine Specifications

## 1-1 Engine Principal Particulars

(1) 4, 6CHE

Model		Unit	4CHE3	6CHE3
Type			Vertical, water-cooled, 4-cycle diesel engine	
Combustion chamber			Direct injection type	
No. of cylinders - cylinder bore x stroke		mm	4-105 x 125	6-105 x 125
Total cylinder displacement			4.33	6.49
Rated power / speed	Rating	<del>kW(mHP)/min<sup>-1</sup></del>	57.4 (78) / 2550	84.6 (115) / 2550
		<del>kW(mHP)/min<sup>-1</sup></del>	62.5 (85) / 2600	95.6 (130) / 2600
rated power	Brake mean effective pressure	MPa (kgf/cm <sup>2</sup> )	0.624 (6.35)	0.613 (6.25)
	Mean piston speed	m/s	10.63	10.63
	Power rating (PV value)	MPa•m/s (kgf/cm <sup>2</sup> •m/s)	6.63 (67.5)	6.52 (66.4)
(at M rated power)	Specific fuel consumption	With marine gear g/kWh (g/mHPh)	252 (185)	242 (178)
Specific lubricating oil consumption		g/k\Nh (g/mHPh)	0.27 0.82 (0.2 0.6) (at 100 % Load)	
Compression ratio			16.9	16.9
Crankshaft rotation direction			Counterclockwise, when viewed from the flywheel side	
Operating side			On the left, when viewed from the flywheel side	
Firing order			1-2-4-3-1	1-4-2-6-3-5-1
			(Opposite side of flywheel is NO. 1 cylinder)	
Supercharging system				
Cooling system			Fresh water cooling system (with a fresh water cooler)	
Volume of cooling fresh water			16.8 (in cooler & jacket)	20.8 (in cooler & jacket)
Lubricating system			Wet sump system, forced lubrication by gear pump	
Volume of lubricating oil (Engine)			Max. 15	Max. 18.5

Starting system			Electric starting motor		
Electric equipment	Starting motor		DC24V-4 kW		
	Alternator (Dynamo)		DC24V-25A		
Marine gear	Model		Standard	Option	YX-30-2
			YX-20-1	YX-30-2	
	Reduction ratio (Ahead)		2.03, 2.55, 2.96, 3.48	2.03, 2.55, 2.96, 3.48	2.03, 2.55, 2.96, 3.48
Engine dry mass (With marine gear)		kg	568	570	700

(2) 6CH-HTE3, 6CH-DTE3 6CH-UTE

Model		Unit	6CH-HTE3	6CH-DTE3	6CH-UTE	
Type			Vertical, water-cooled, 4-cycle diesel engine			
Combustion chamber			Direct injection type			
No. of cylinders - cylinder bore x stroke		mm	6-105 x 125			
Total cylinder displacement			6.49			
Rated power / speed		Rating	kW(mHP)/min <sup>-1</sup>	125 (170) / 2550	154 (210) / 2550	188 (255) / 2550
		L	kW(mHP in-l	140 (190) / 2600	169 (230) / 2600	206 (280) / 2600
rated power	Brake mean effective pressure		MPa (kgf/cm2)	0.905 (9.24)	1 .12 (11 .41)	1 .36 (13.86)
	Mean piston speed		m/s	10.63	10.63	10.63
	Power rating (PV value)		MPa•m/s (kgf/cm2•m/s)	9.62 (98.2)	11.9 (121.3)	14.5 (147.3)
(at M rated power) Specific fuel consumption		With marine gear	g/kWh (g/mHPh)	232 (171)	225 (165)	223 (164)
Specific lubricating oil consumption			g/kWh (g/mHPh)	0.27 0.82 (0.2 0.6) (at 1000/0 Load)		
Compression ratio				14.4	15.4	14.3
Crankshaft rotation direction				Counterclockwise, when viewed from the flywheel side		
Operating side				On the left, when viewed from the flywheel side		
Firing order				1-4-2-6-3-5-1		

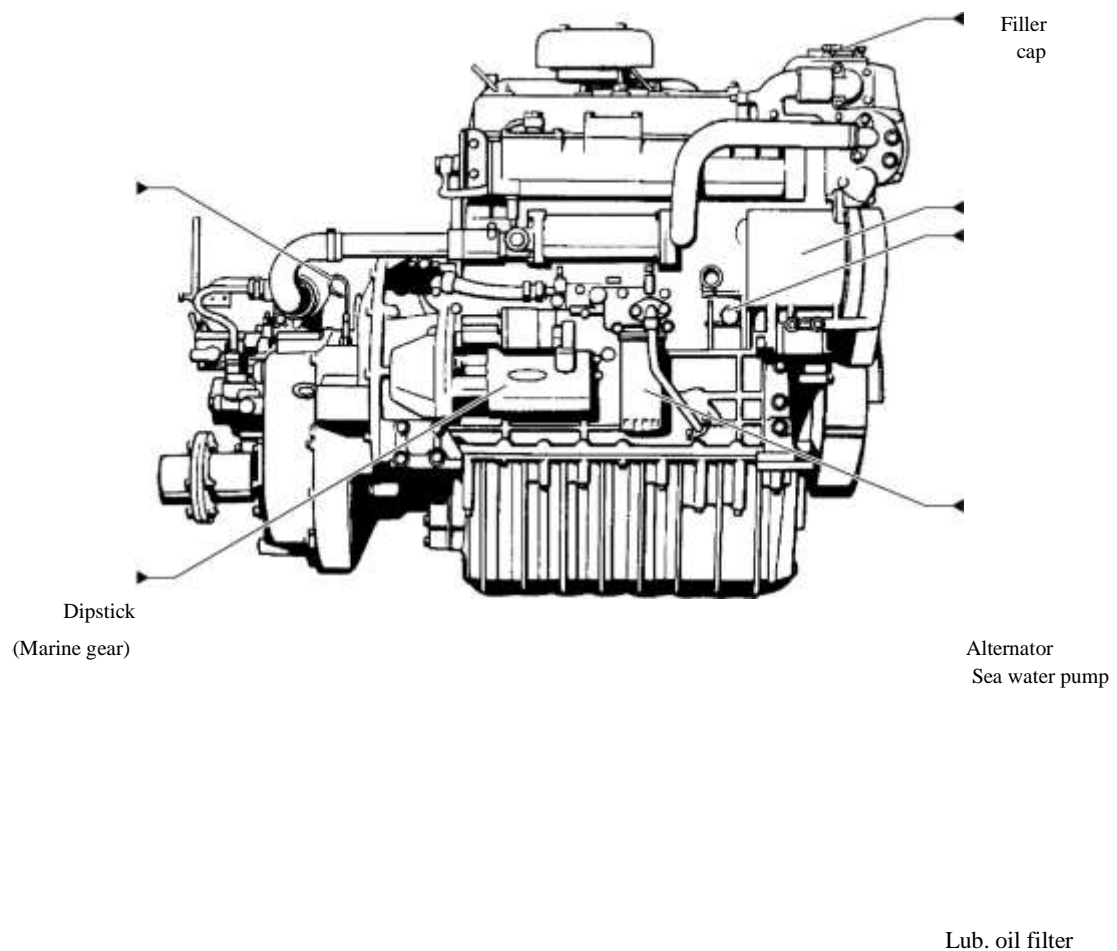
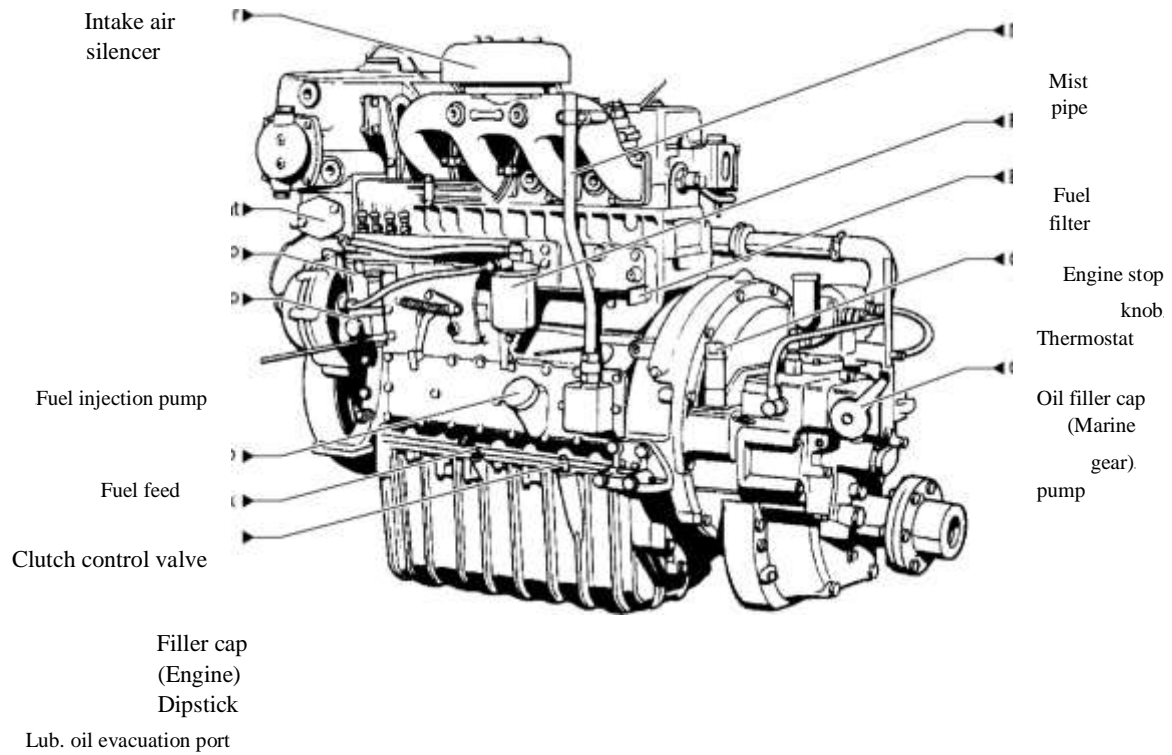


			(Opposite side of flywheel is NO. 1 cylinder)					
Supercharging system			T04B			T45		
			Exhaust gas turbocharger (with an air cooler)					
Cooling system			Fresh water cooling system (with a fresh water cooler)					
Volume of cooling fresh water			24.8 (in cooler & jacket)		24.7 (in cooler & jacket)			
Lubricating system			Wet sump system, forced lubrication by gear pump					
Volume of lubricating oil (Engine)			Max. 18.5		Max. 18.5		Max. 23	
Starting system			Electric starting motor					
Electric equipment	Starting motor		DC24V-4 kW		DC24V-4 kW			
	Alternator		DC24V-25A		DC24V-25A			
Marine gear	Model		YX-50S	YX-71	YX-71	MGN46BL	YX-71	MGN46BL
	Reduction ratio (Ahead)		2.03, 2.48, 2.88	3.53	2.07, 2.58, 2.91 , 3.53	3.90, 4.42	2.07, 2.58, 2.91, 3.53	3.90, 4.42
Engine dry mass (With marine gear)		kg	795	895	900	960	940	1 000

2

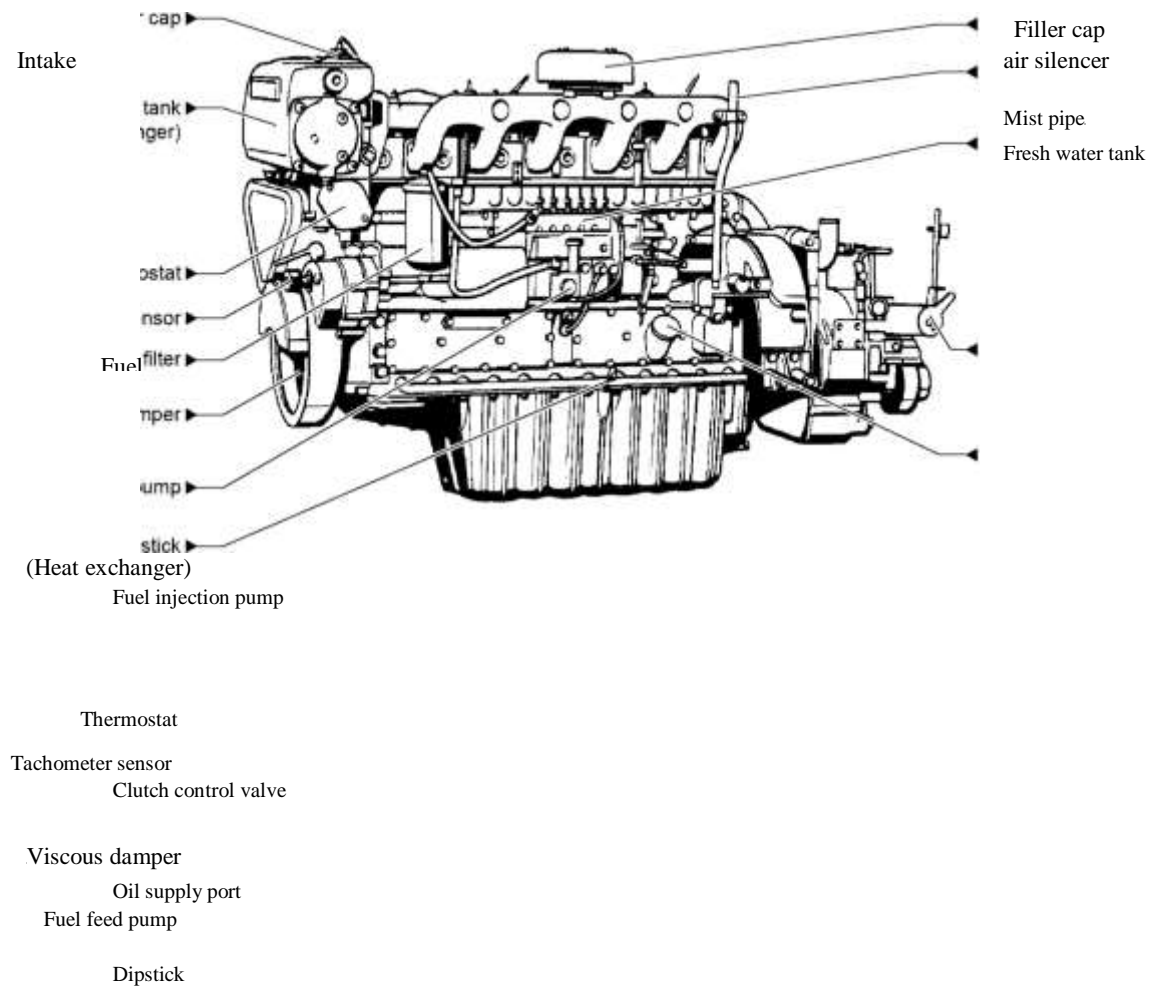
## 1-2 External View

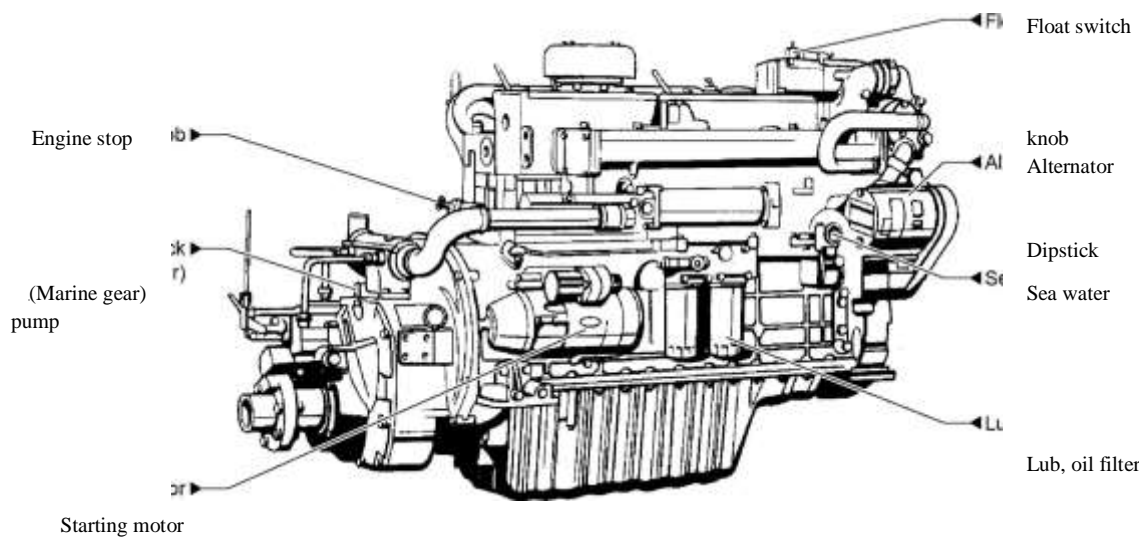
(1) Model 4CHE3





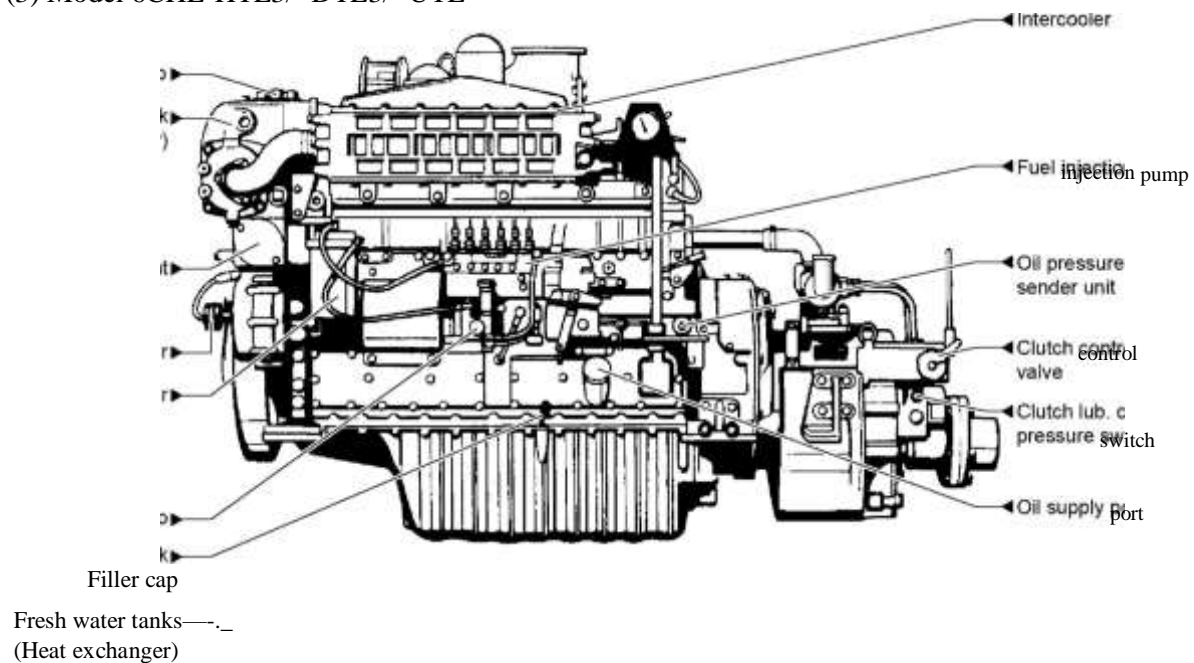
(2) Model 6CHE3





025588-00ES

### (3) Model 6CHE-HTE3/ -DTE3/ -UTE



Thermostat

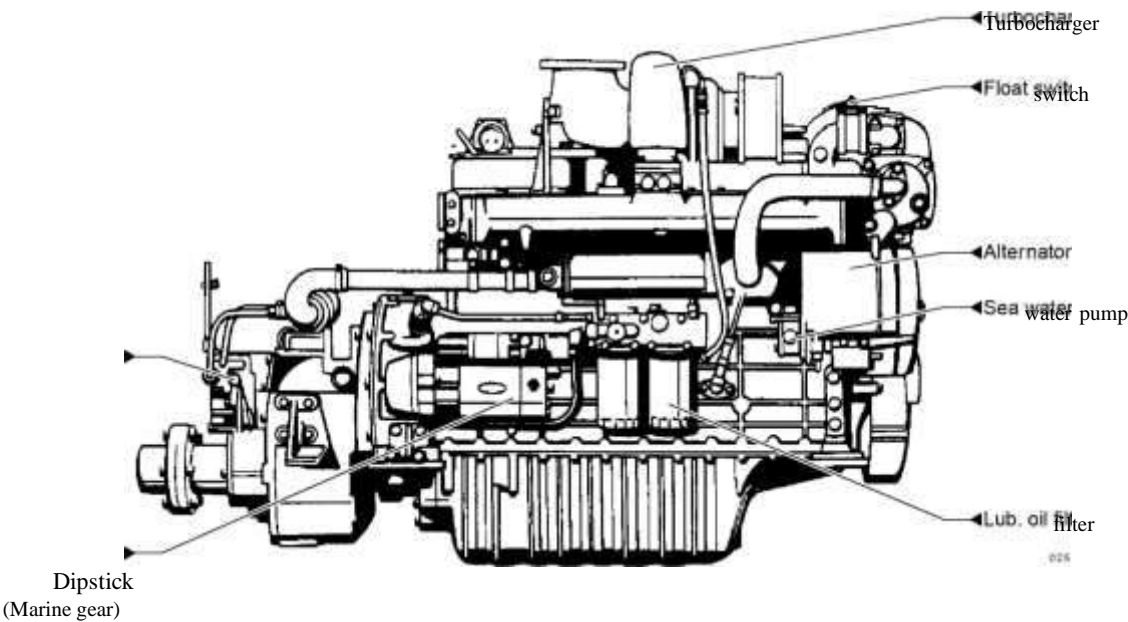
Tachometer sensor

Fuel filter

Oil

Fuel feed pump

Dipstick

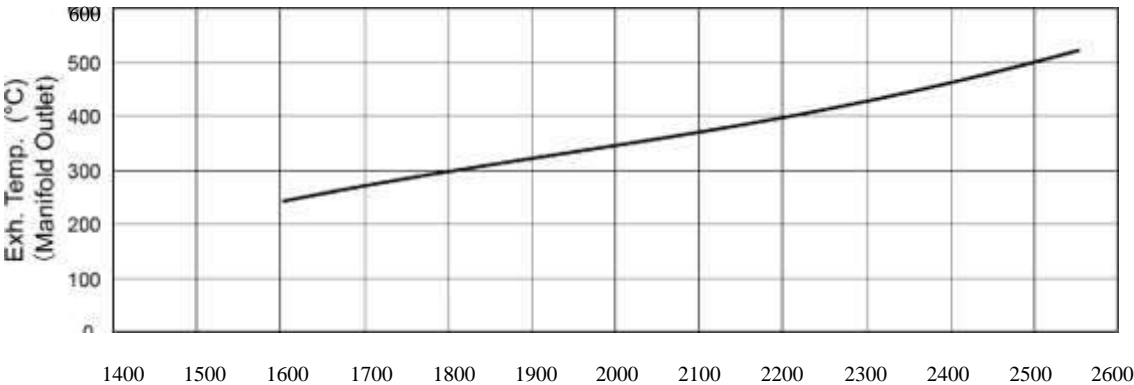


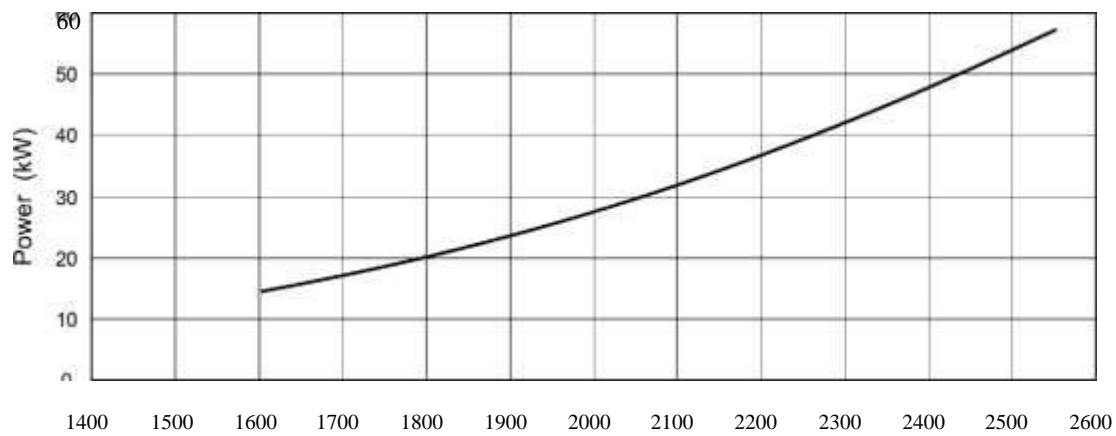
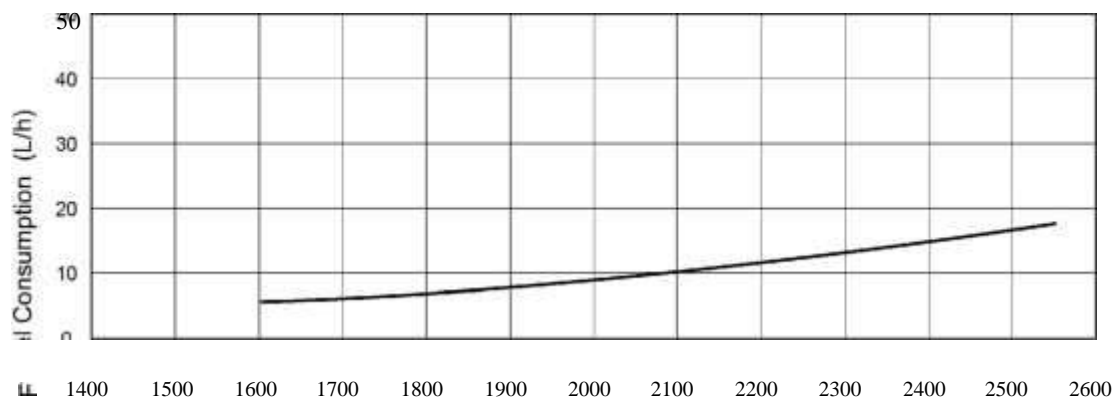
Starting motor

02E589-OOES

# 1-4 Performance Curve

(1) 4CHE3 (57.4kW / 2550min -1 )





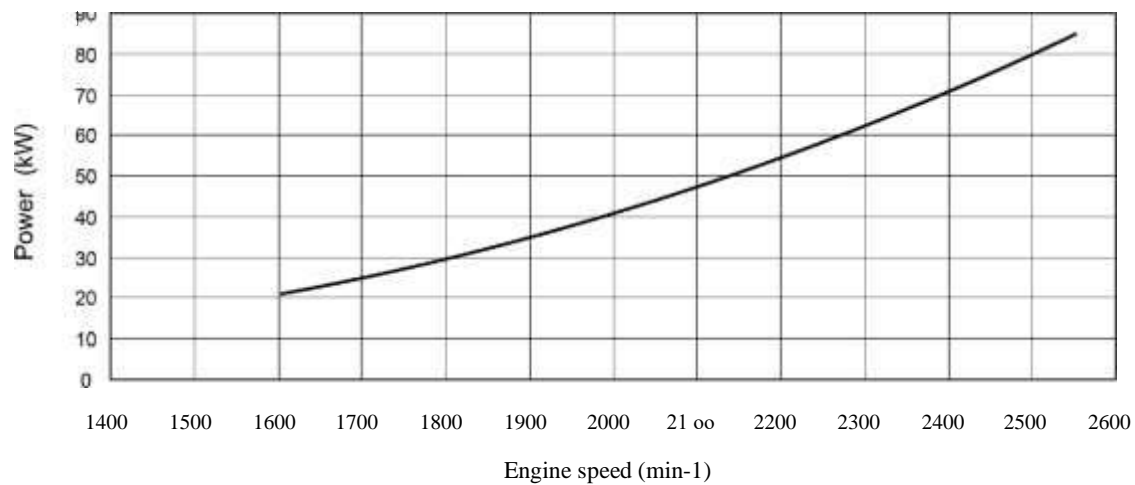
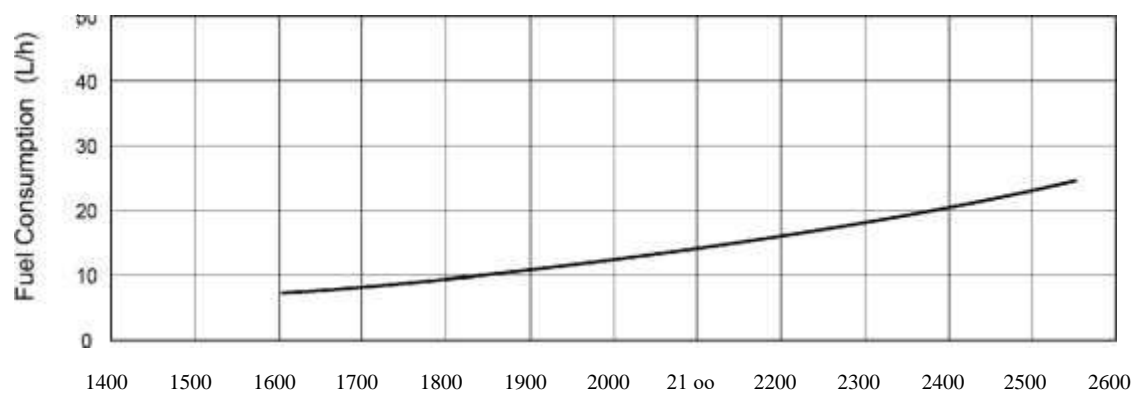
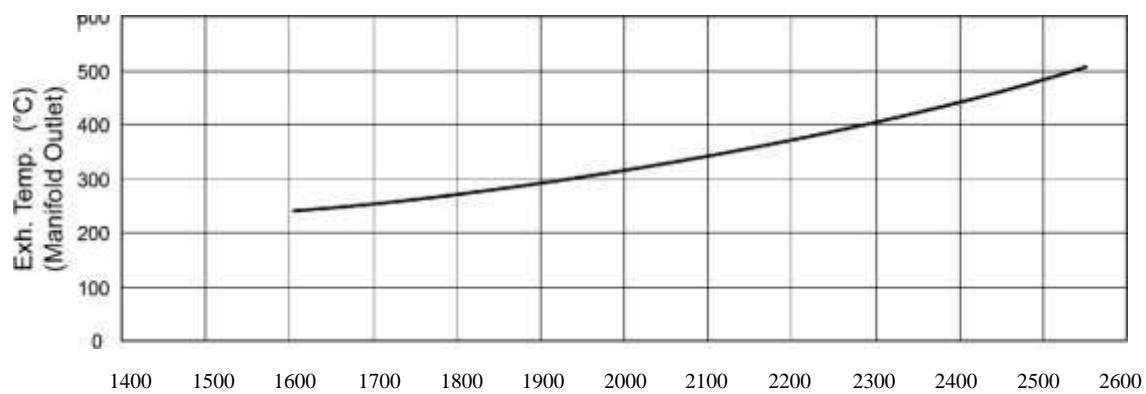
Engine speed (min-I)

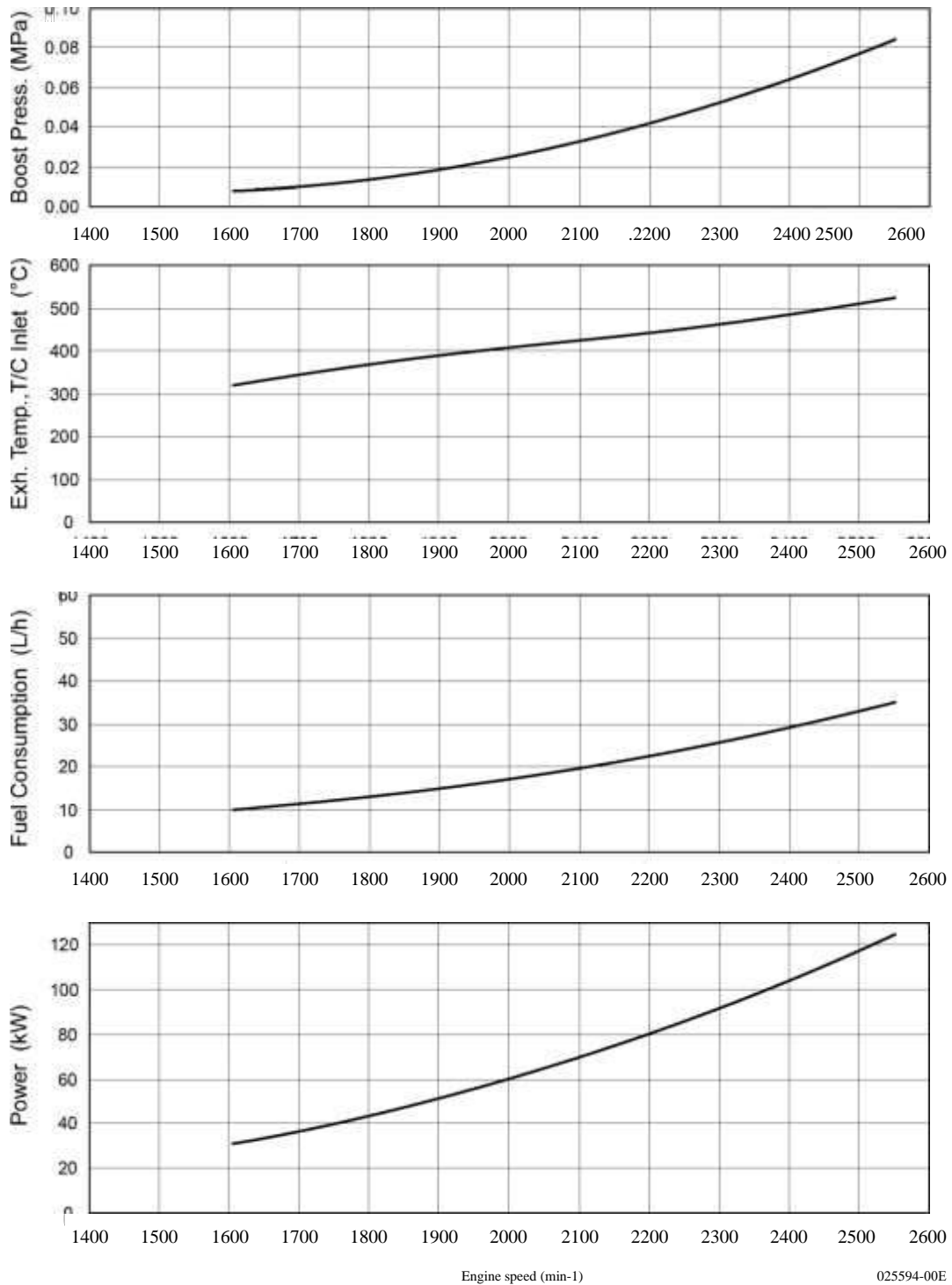
025592-COE



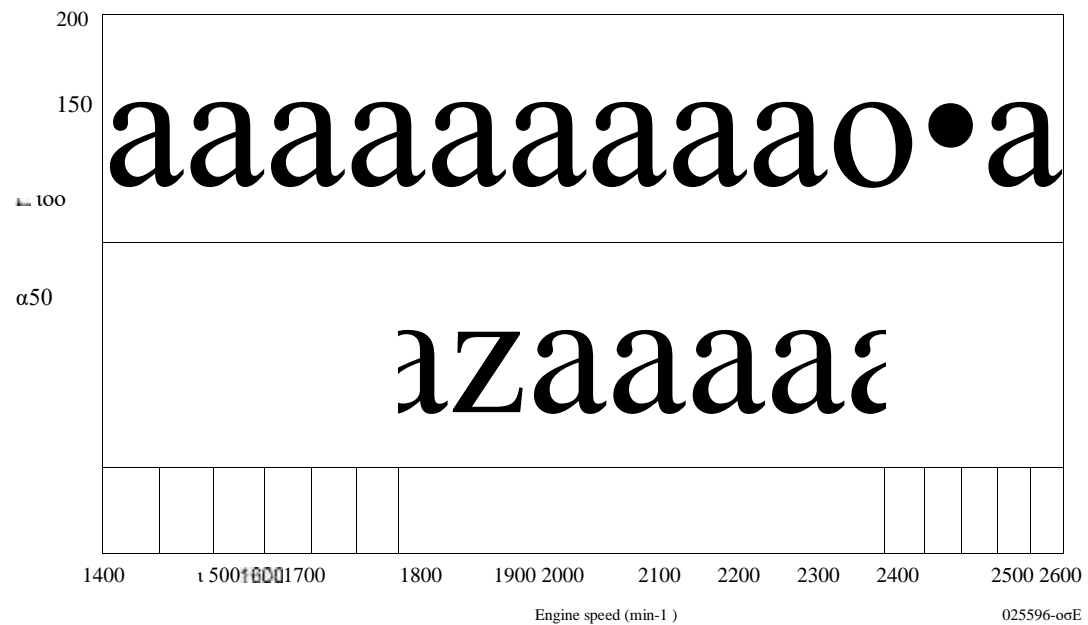
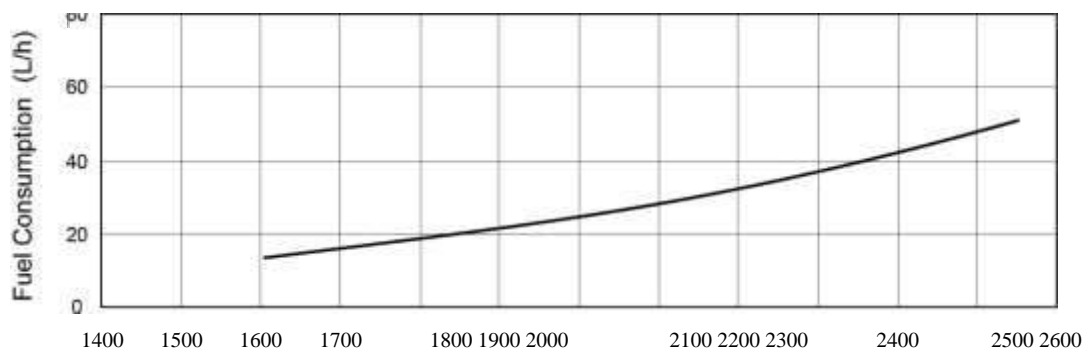
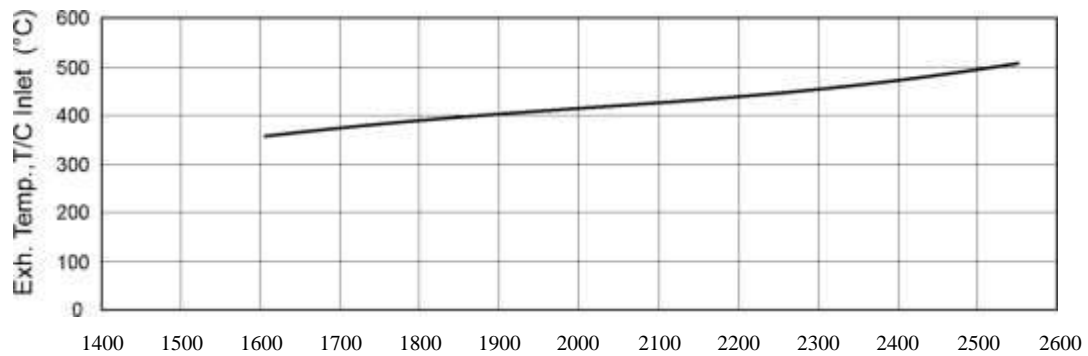
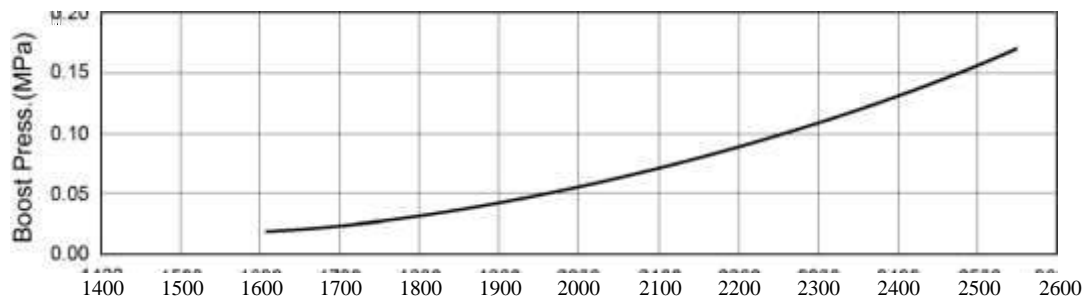


(2) 6CHE3 (84.6kvv / 25500min<sup>-1</sup>)



(3) 6CH-HTE3 (125kW / 2550min<sup>-1</sup>)

(5) 6CH-IJTE (188kW / 2550min<sup>-1</sup>)



## 2. Sales Conditions

### 2-1 Marine Propulsion Engine (with Marine Gear)

No.	Item	Sales conditions				
1	Applications and operating conditions	Power setting range			M Rating (kW / min-I )	L Rating (kW / min-I )
				4CHE3	57.4 / 2550	62.5 / 2600
				6CHE3	84.6 / 2550	95.6 / 2600
				6CH-HTE3	125 / 2550	140 / 2600
				6CH-DTE3	154 / 2550	169 / 2600
				6CH-UTE	188 / 2550	206 / 2600
2	Fuel used	Fuel oil		MGO or ADO (cetane number 45, Sulfur contents < 1% ) [Note: Marine diesel oil is not allowed.]		
		Fuel filter change interval	Sulfur cont. - 0.5%	1000 hr		
			Sulfur cont. 0.5-1 .00/0	500 hr		
		Water separator		shall be equipped		
3	Lub. oil used	4CHE3, 6CHE3	Grade	API CC or above		
			Viscosity	SAE #30 (or SAE #40 at ambient temp. 30 <sup>0</sup> C or above)		
		6CH-HTE3, 6CH-DTE3, 6CH-UTE	Grade	API CD or above		
			Viscosity	SAE (or SAE at ambient temp. n <sup>o</sup> c or above)		
		Marine Gear	Grade	API CC or above		
			Viscosity	SAE (or SAE at ambient temp. n <sup>o</sup> c or above)		
		Lub. oil change interval	Sulfur cont. of fuel 0.5%	500 hr		
			Sulfur cont. of fuel 0.5-1 .00/0	250 hr		
		Lub. oil filter replacement interval		500 hr		
		4	Front drive system	Allowable power		refer to the diagram for each front driving system
5	Torsional vibration	Request the torsional vibration calculation by ticking the order sheet. Also request torsional vibration measurement, if necessary.				

6	Reverse rotation		available by reduction/reversing gear
7	Minimum speed (min-I ) / allowable hours		600 / within 4 hrs
8	Necessary fresh air volume (at 100% load)		0.25 m <sup>3</sup> /min•kW
9	Ambient temperature CC)		< 45
10	Exhaust back pressure (max. kPa {mmAq} )		3.43 {350}
11	Battery	Battery capacity	24V-145G51 (150Ah) (200Ah for cold district.)
		Battery cable	80mm <sup>2</sup> , Length is less than 3 m
12	Rake angle	less than 8°	

## 2-2 Selection of Fuel Oil, Lubricating Oil and Cooling Water

### 1) Fuel Oil

#### • Quantity Criteria of Fuel Oil

Viscosity	at 323K (50 °C)	mm <sup>2</sup> /s (cSt)	<b>3-8</b>
Property critical value	Specific gravity at 15/4 °C		< 0.86
	Flash point		> 60
	Residual carbon	mass. %	< 0.7
	Sulfur content	mass. %	< 1.0
	Ash content	mass. %	
	Moisture content	vol. %	< 0.1
	Vanadium	ppm	
	Sodium	ppm	
	Aluminum	ppm	
	Diesel index		(Cetane No. > 45)
Quality criteria equivalent fuel oil		ASTM D975	
		BSI-2869	Class A

### 2) Lubricating Oil

- API (American Petroleum Institute) service grade: CC or above (for 4,6CHE3 and Marine Gear)  
CD or above (for 6CH-HTE3 / DTE3 / UTE)
  - T BN (Total Base Number): 8 - 11 (for grade CC)  
9 - 15 (for grade CD)
  - Viscosity: SAE30 (or SAE40 at ambient temp. 30 °C or above)
- Lubricating oil for engine use [API service grade CD (for reference)]

Company	Product name
---------	--------------

	SAE30	SAE40
SHELL	GADINIA OIL 30	GADINIA OIL 40
EXXON MOBIL	MOBILGARD 312	MOBILGARD 412
BRITISH PETROLEUM	B.P ENERGOL DS3-153	B.P ENERGOL DS3-154

(1) Use the same quality lubricating oil as shown above for governors.

### 3) Cooling Water

(1) Criteria for cooling fresh water

Use distilled or tap water with following quality.

Recommended water quality	
pH	6.3 - 8.5
Total hardness (CaCO <sub>3</sub> )	- 100 ppm
Chlorine ion (CC ) concentration	100 ppm
M alkalinity	100
Ammonia ions (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	0.05 ppm
Sulfate ions (SO <sub>4</sub> )	- 100 ppm
Evaporation residue	400 ppm

(2) Brands of corrosion inhibitor

Since the fresh water cooler in the CHE series engine is made of aluminum alloy, use the corrosion inhibitors shown below, or its equivalents.

Brands of commercial items (marine propulsion engine).

Brand	Supplier
Kurilex L-501	Kurita Water Industries Ltd.
Olgard C-601	Organo Co. Ltd
Nalfleet 9-111	NALCO JAPAN co., Ltd
Royal Freeze	Yanmar Sangyo Co., Ltd.

Refer to the corrosion inhibitor manufacturer's instruction manual and follow the directions.



---

## 6. Drawings of Engine Outline and Piping Diagram

---

### 6-1 Engine Outline (with Marine Gear)

(1) 4CHE3 with YX-20-1 (Standard)



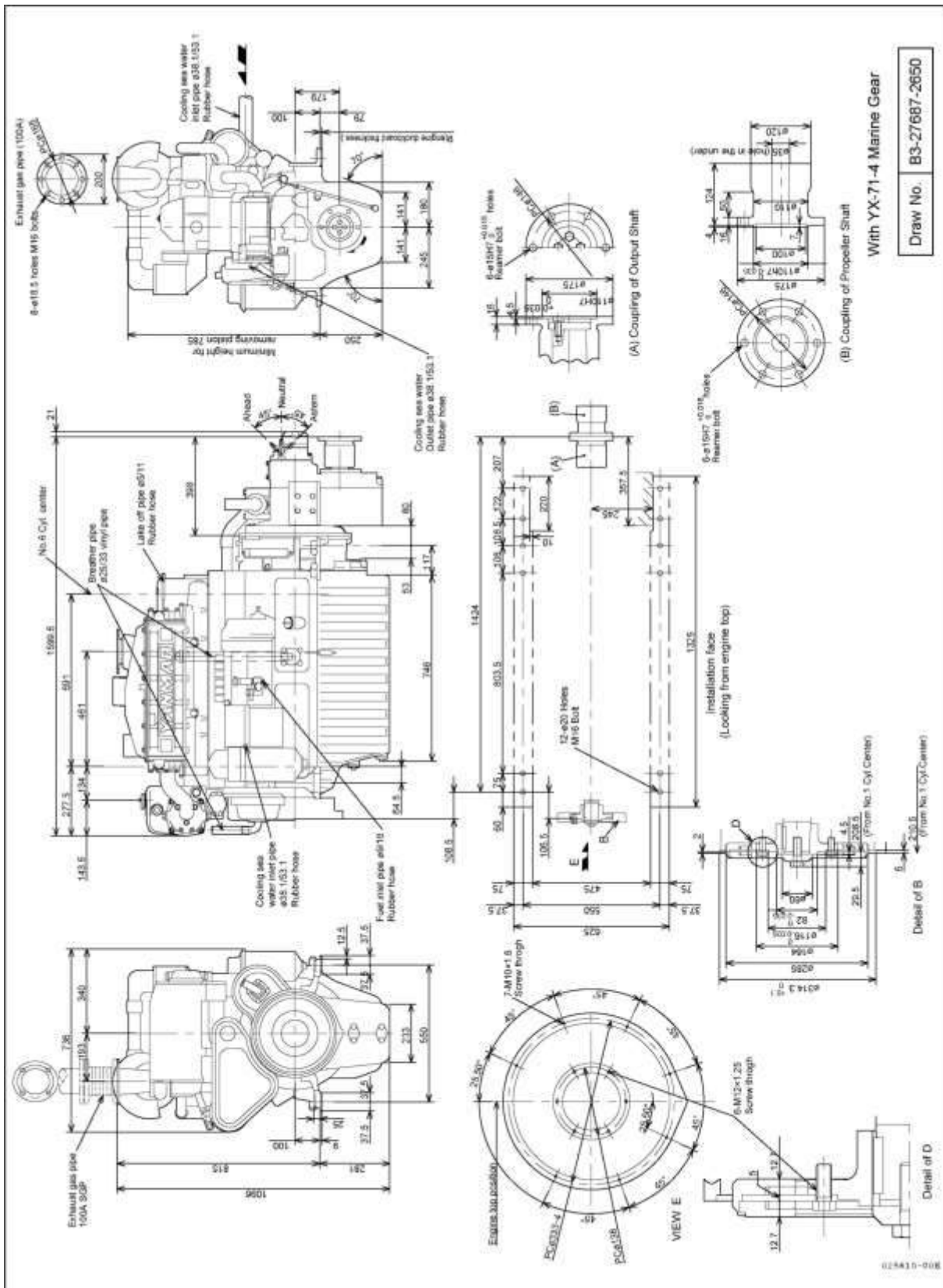


(Standard)

[illegible]



(Standard)



## 10. Maintenance Schedule

### 10-1 Periodical Maintenance

- (1) Periodical maintenance is an important factor in keeping the engine in the best condition. In accordance with operating hours given in the following maintenance schedule, perform periodic servicing.
- (2) When the parts are disassembled for checking and/or servicing, reassemble them properly.

### 10-2. Periodic Maintenance Schedule

□ : Replace. O : Check and refill, clean, adjust, lubricate, repair or replace if necessary.

Items			Service Period						Remarks
			Daily	Every 50hrs.	Every 250hrs.	Every 500hrs.	Every 1000hrs.	Every 2500hrs.	
Fuel System	Check fuel level and refill		O						
	Drain deposit and water in fuel tank		O (When replenished)						
	Drain deposit and water in fuel filter and fuel-water separator								
	Replace fuel filter element								
Lubrication System	Check oil pressure		O						
	Check oil level and refill (oil pan and marine gear)		O						
	Replace oil filter element			(1st time)					
	Clean oil cooler							O	
	Charge oil	Engine		(1st time)					
		Marine gear		(1st time)					
Cooling Sea Water System	Check cooling water discharging condition		O						
	Check / Replace sea water pump impeller						O		

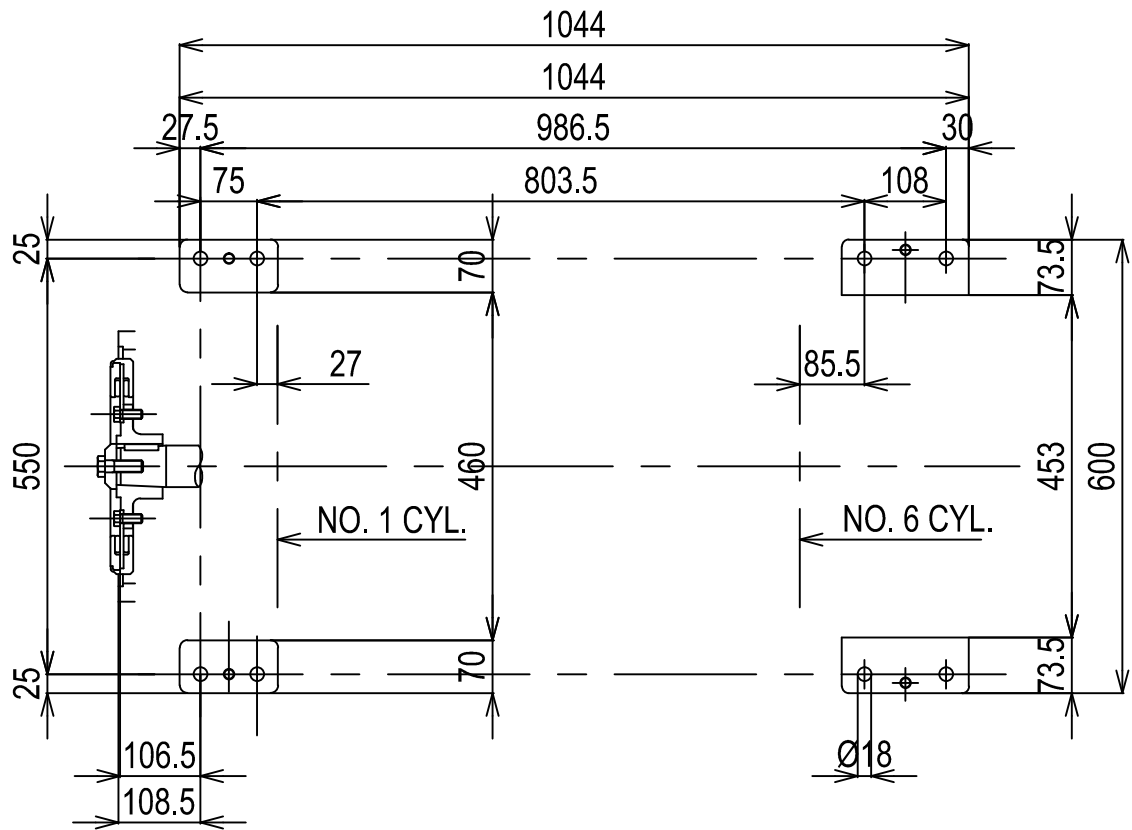
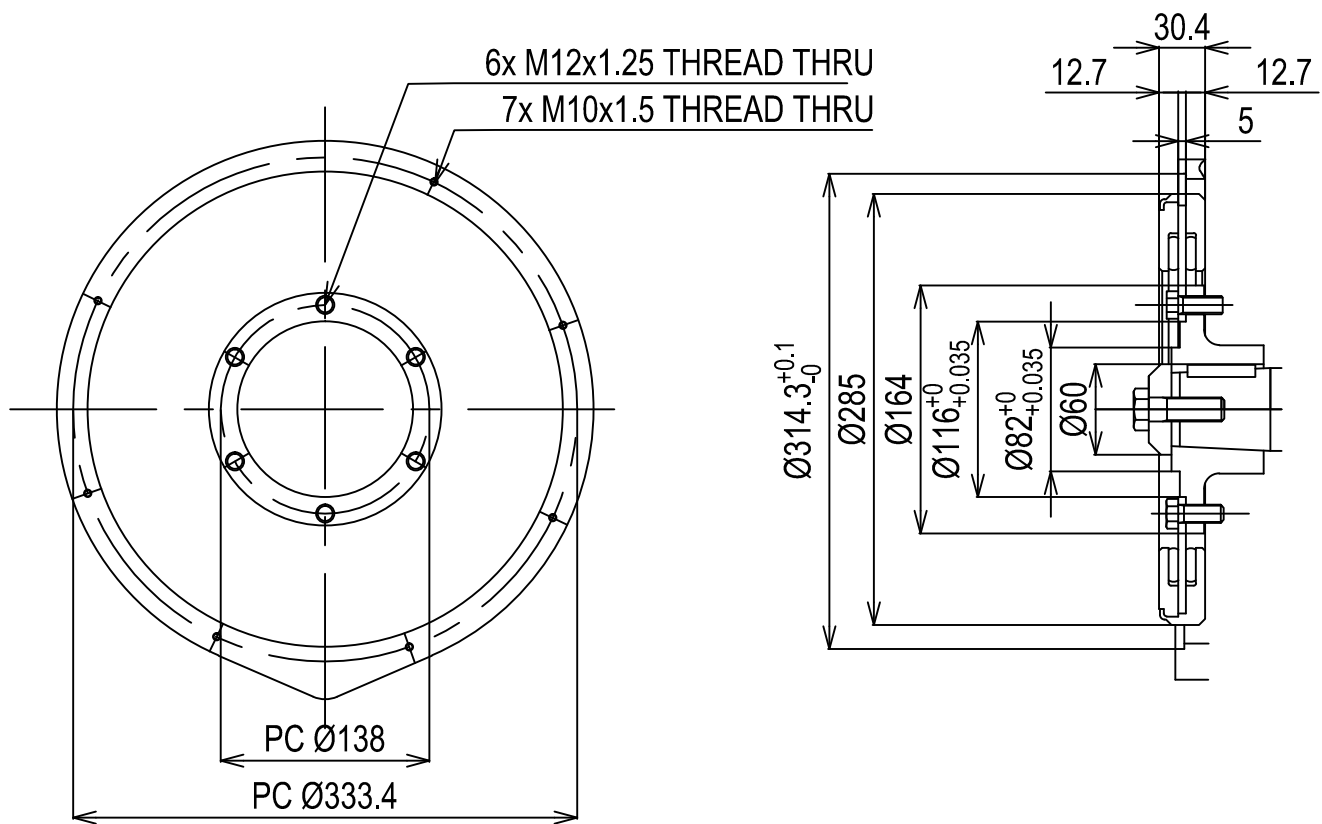
	Check anti-corrosion zinc				O			
	Clean sea water system					O		
Cooling Fresh Water System	Check cooling water temperature	O						
	Check coolant level	O						
	Charge coolant					O		
	Clean fresh water system						O	

Items		Service Period						Remarks
		Daily	Every 50hrs.	Every 250hrs.	Every 500hrs.	Every 1000hrs.	Every 2500hrs.	
Fuel Injection Pump and Nozzle	Check injection timing						(5000hrs.)	
	Disassemble and check fuel feed pump						O	
	Check injection pressure and spray form						O	
	Replace injection nozzle						O	
Cylinder Head	Check valve clearance		O (1st time)			O		
	Lapping valve and seat						(5000hrs.)	
Check remote control wire			O (1st time)		O			
Electrical System	Check warning lamps	O			O			
	Check battery electrolyte level			O				
	Check alternator drive belt tension				O			
Turbocharger and Intercooler	Clean prefilter and turbocharger			O				6CH-HTE3 6CH-DTE3 6CH-UTE
	Check air/gas leakage	O						
	Disassemble and check major parts						(5000hrs.)	
	Check anti-corrosion zinc				O			
	Drain deposit in intercooler	O						
Marine gear	Check oil cooler						5000hrs.	
	Check oil filter screen					O		
	Check anti-corrosion zinc				O			
Thermo-stat	Clean plugs						O	6CH-HTE3 6CH-DTE3

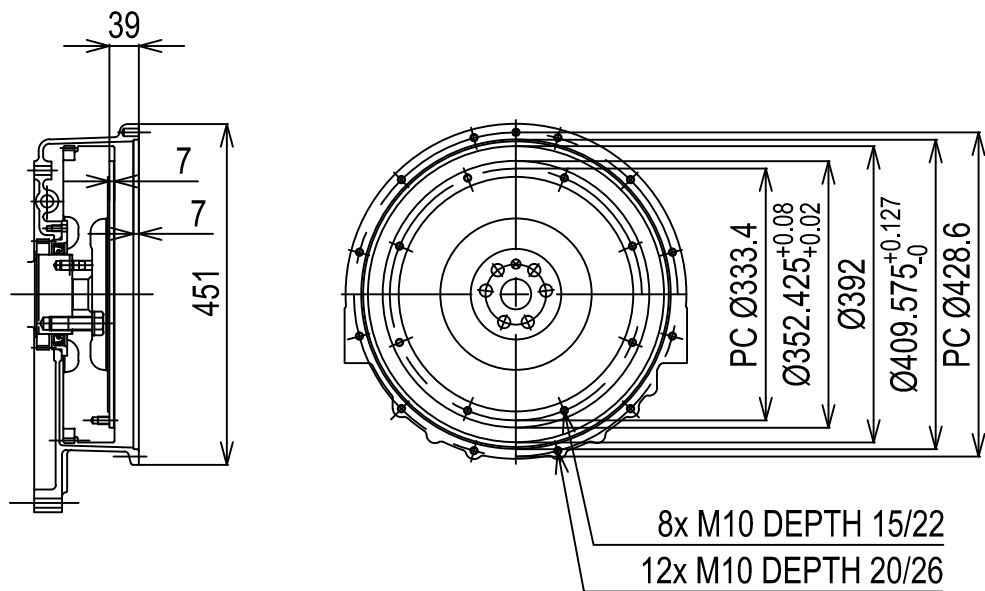


								6CH- UTE
--	--	--	--	--	--	--	--	-------------

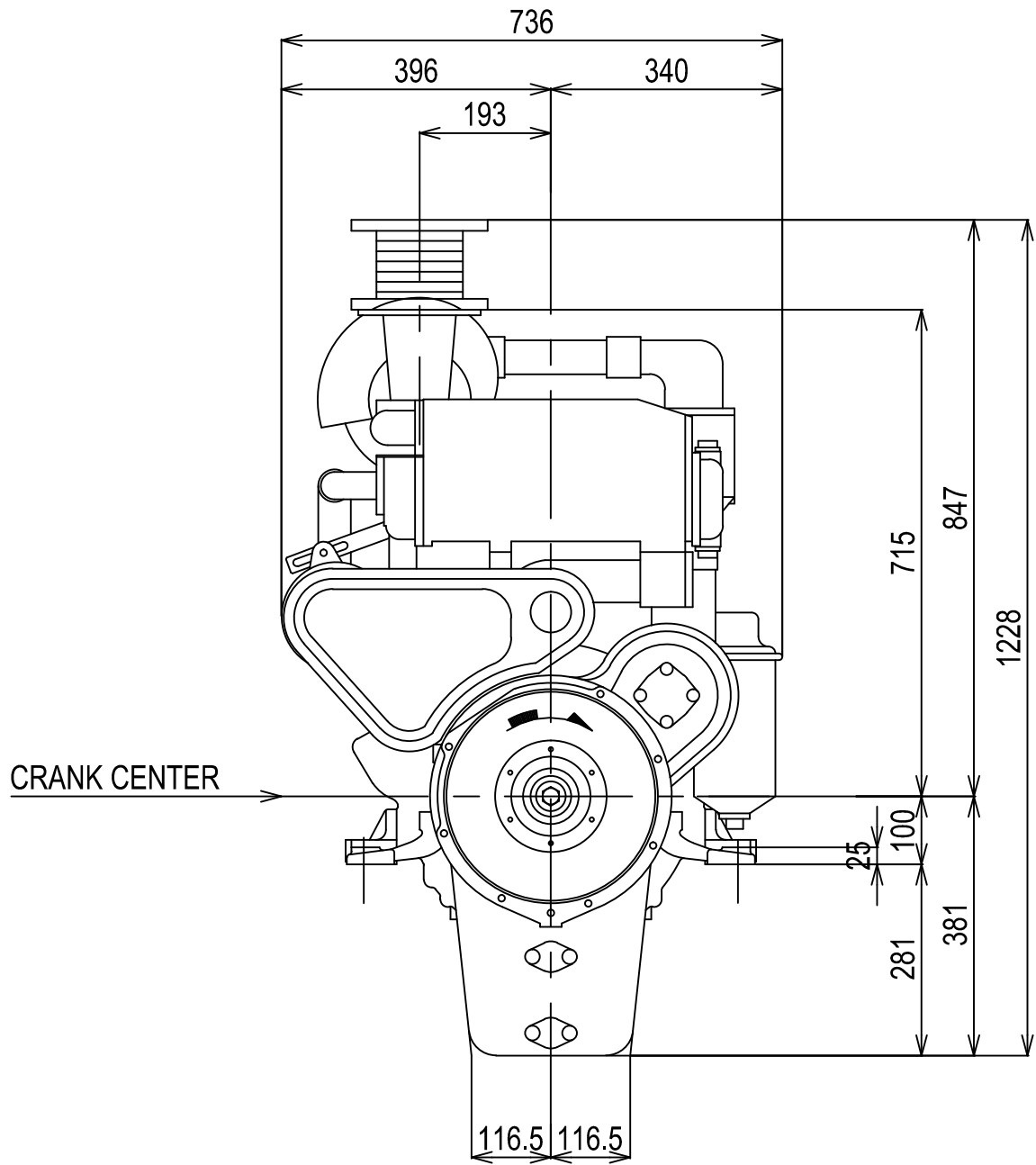
DETAIL OF FRONT PTO (1:5)



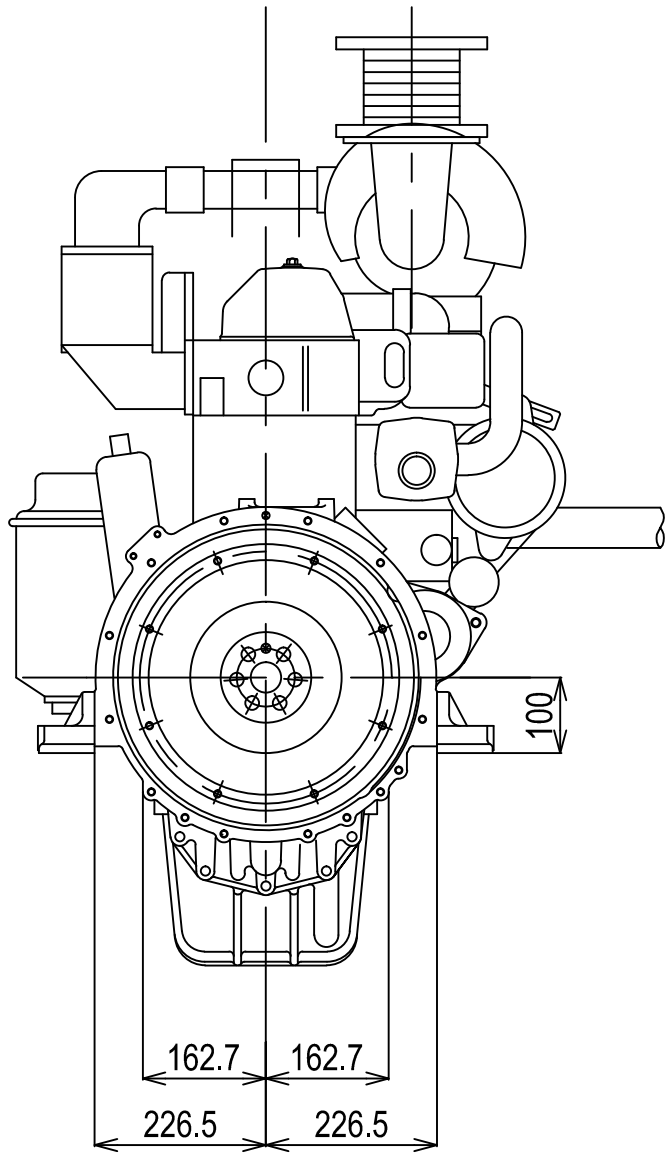
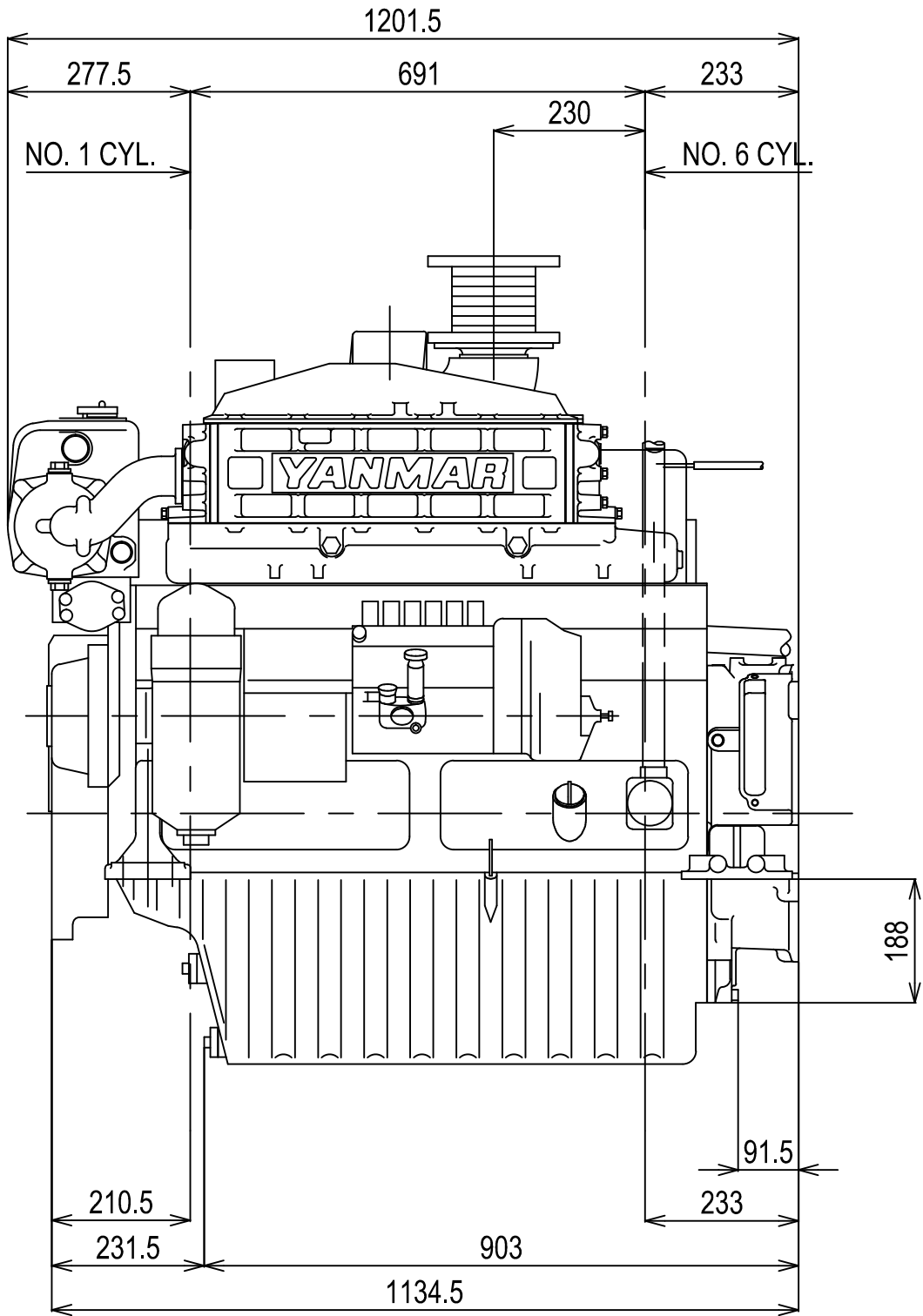
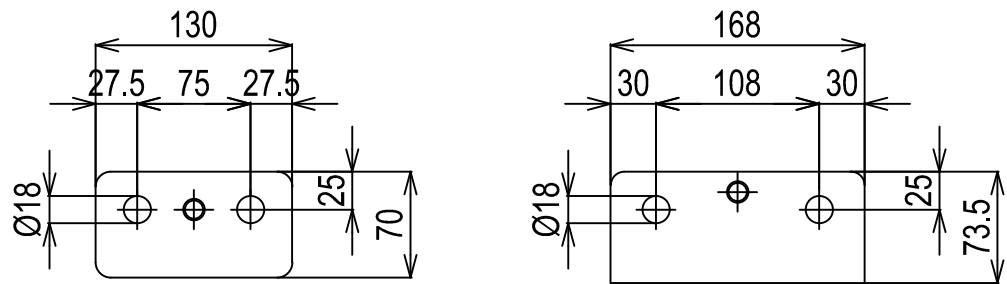
DETAIL OF FLYWHEEL



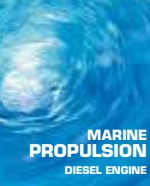
Flywheel housing & Flywheel : SAE #3 & #11-1/2



DETAIL OF MOUNTING BLOCK (1:5)



Engine:	6CH-HTE3_BOBTAIL	Release:	-
Scale:	1:10	Date:	01-04-2013
		Dimensions:	mm



# 6CH-HTE3 / WUTE

M • L-rating 125~206kW (170~280mph)

# YANMAR



- Direct injection, heat exchanger cooling.
- Turbocharger + intercooler.
- Durable hydraulic marine gear.
- 6CH-WUTE conform to IMO Tier II emissions regulations.

## Specifications

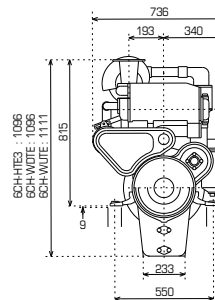
Model	6CH-HTE3	6CH-WUTE
Number of cylinders	6 in-line	
Bore × stroke	mm 105 × 125	
Displacement	lit. 6.494	
Rated output	kW(hp)/rpm	
	M : 125(170)/2550	M : 188(255)/2550
	L : 140(190)/2600	L : 206(280)/2600
Combustion system	Direct injection	
Aspiration	Turbocharger + intercooler	
Starting system	Electric starting motor (24V 4.0kW)	
Cooling system	Heat exchanger	
Marine gear	Hydraulic	
Size of flywheel housing and flywheel	SAE #3 and 11-1/2 in.	
Dry mass (with marine gear)	kg 895	940
Dimensions (L×W×H)	mm 1575×736×1096	1600×736×1111

## Marine gear specifications

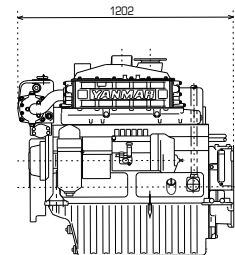
Engine model : 6CH-HTE3, 6CH-WUTE	
Model	YX-71
Type	Hydraulic multi-disc clutch, wet type
Reduction ratio (Ahead)	2.07 2.58 2.91 3.53
Direction of rotation (propeller shaft)	Clockwise or counter-clockwise viewed from stern
Dry weight	kg 220

## Dimensions Unit:mm

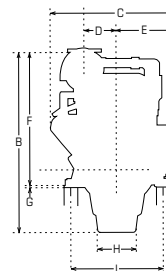
Engine only / Front view



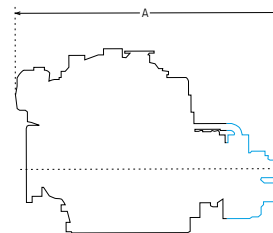
Engine only / Left side view



With gearbox / Front view



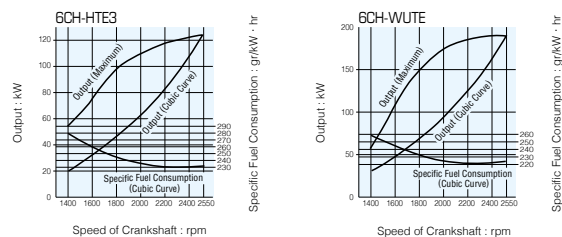
With gearbox / Left side view



	A	B	C	D	E	F	G	H	I
6CH-HTE3×YX-71	1600	1096	736	193	340	815	9	233	550
6CH-WUTE×YX-71	1600	1111	736	193	340	815	9	233	550

— Marine gear

## Performance curves





# POWER DRIVE MARINE PDM92B PROPULSION



**PDM92B** propulsion is the successor of Perkins M92B. It has been inspired by and led by the future requirements of our customers to meet the needs of the marine industry. Precisely tailored technology means applications you can depend on.

The M92B is a quiet 4.4 litre delivering improved performance and reduced operating costs in an efficient package ideal for a range of marine applications.

Speed rpm	Power kW	Power hp	Speed rpm	Torque Nm	Torque lb-ft	Rating type
2400	64	86	1200	308	227	MD

### Rating definitions

**Pleasure duty:** For vessels operating up to 30% load factor. This rating is intended for pleasure/non-revenue generating applications that operate less than 500 hours a year. Typical applications could include but are not limited to: High speed planning craft.

**Light duty:** For vessels operating up to 50% load factor. This rating is intended for applications that operate less than 1500 hours a year in variable load applications where full power is limited to 2 hours out of every 12 hours of operation and reduced power must be at or below 200 rpm of the maximum rated rpm. Typical applications could include but are not limited to: planing / semi displacement craft such as customs and police launches, sport fish charter vessels, passenger carriers, survey craft and long distance cruisers etc.

**Medium duty:** For vessels operating up to 60% load factor. This rating is intended for applications that operate less than 4000 hours a year. Typical applications could include but are not limited to: Semi-displacement / displacement craft such as customs and police launches, high speed commercial fishing, passenger carriers, survey craft, ferries and long distance cruisers etc.

**Heavy duty:** For vessels operating up to 80% load factor. This rating is intended for applications that operate less than 4000 hours a year. Typical applications could include but are not limited to: semi-displacement / displacement craft such as customs and police launches, high speed commercial fishing, passenger carriers, survey craft and ferries etc.



## FEATURES & BENEFITS

### Perkins engines can be tailored specifically for you:

- These engines offer a choice of standard build configurations to match the needs of customers for a diverse range of applications

### Lower operating costs:

- Service intervals 500 hours as standard and Perkins provides comprehensive warranty cover for two years, with three years on major engine components. In addition, fuel economy has improved by as much as 6%

### Class leading performance:

- The M92B increases torque capability over its highly successful predecessor. Improvements have been made to the torque to give up to 12% more low speed torque with torque backup, increasing to 26%

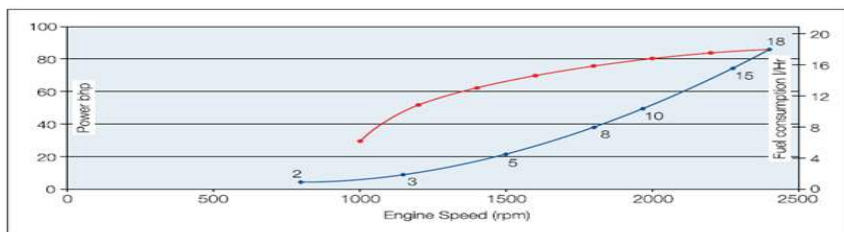
### Clean and quiet:

- Improvements of up to 3dBA have also been made with noise over its predecessor. This has been achieved through product developments

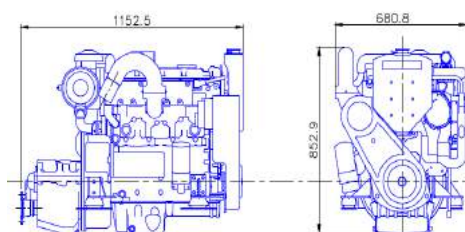
### Quality by design:

- Improvements have been made to reliability and durability with 'design for assembly' through simplified sub-assemblies and improved joint and sealing technologies

Specification		
Number of cylinders	4 vertical in-line	
Bore and stroke	105 x 127 mm	4.1 x 5.0 in
Displacement	4.4 litres	269 in <sup>3</sup>
Aspiration	Natural	
Cycle	4 stroke	
Combustion system	Direct injection	
Compression ratio	18.23:1	
Rotation	Clockwise, from front	
Total lubricating capacity	7 litres	1.8 US gal
Cooling system	Water cooled	
Total coolant capacity	19 litres	5 US gal



Propeller law consumption (2.8 index).



### Distributed by :

#### **PT. Multico Millenium Persada**

Kawasan Industri MM2100 Cibitung  
Jalan Selayar I Blok H6-1, Mekar Wangi  
Cikarang Barat, Bekasi – 17520  
Tel. +62 21 2957 6996 / Fax. +62 21 2957 7089  
[www.multico.co.id](http://www.multico.co.id)



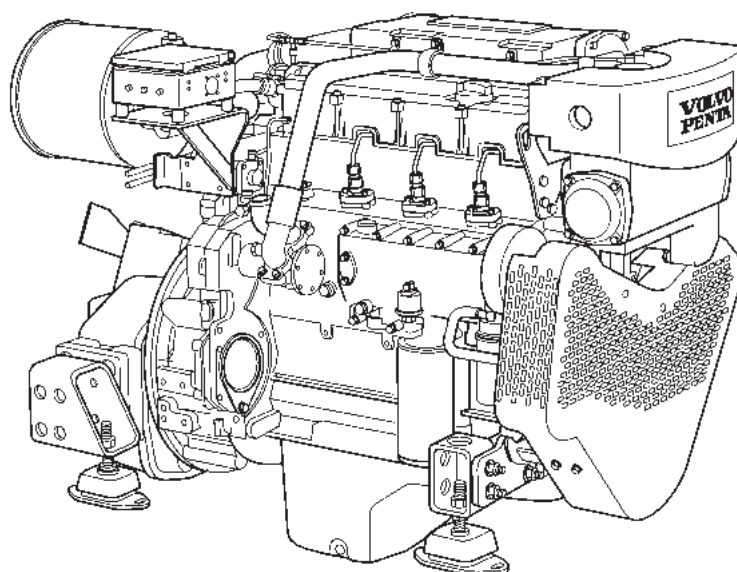
**Multico Power Drive Pte Ltd** (Co. Reg. No. 198702414K)

11 Tuas View Crescent, Multico Building, Singapore 637643

Asia's Equipment Specialist Tel: +65 6863 2863 Fax: +65 6863 6819 [www.multicopowerdrive.com](http://www.multicopowerdrive.com)

**For service enquiry after office hours : (65) 6863 6820**

# D5A TA

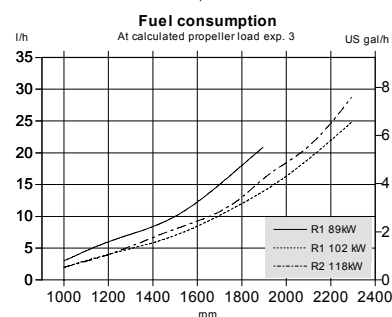
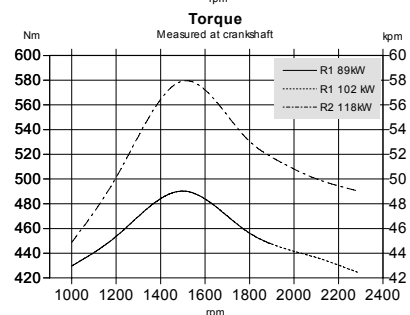
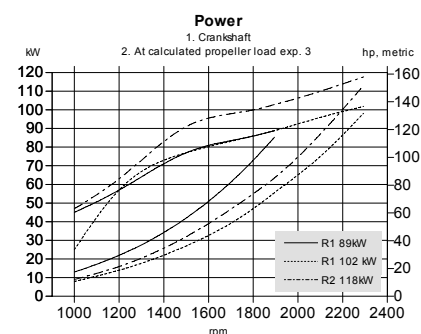


## Technical Data

Engine designation	D5A TA		
No. of cylinders and configuration	in-line 4		
Method of operation	4-stroke, direct-injected, turbocharged diesel engine with aftercooler		
Bore/stroke, mm (in.)	108 (4.25)/130 (5.12)		
Displacement, l (in <sup>3</sup> )	4.76 (290)		
Compression ratio	17.6:1		
Dry weight bobtail, kg (lb)	525 (1157)		
Dry weight with reverse gear ZF220, kg (lb)	570 (1257)		
	Rating 2 2300 rpm	Rating 1 2300 rpm	Rating 1 1900 rpm
Crankshaft power, kW (hp)	118 (160)	102 (139)	89 (121)
Max. torque, Nm (lbf.ft) @ 1500 rpm	579 (427)	490 (362)	490 (362)
Specific fuel consumption, g/kWh (lb/hph) @ 2300 rpm	210 (0.340)	214 (0.347)	
g/kWh (lb/hph) @ 1900 rpm			203 (0.329)
Recommended fuel to conform to	ASTM-D975 1-D & 2-D, EN 590 or JIS KK 2204		
Emission compliance	EU IWW, CCNR2		
Flywheel housing/SAE size	10"/11,5"/SAE2, 14"/SAE1		

Technical data according to ISO 3046 Fuel Stop Power and ISO 8665. Fuel with a lower calorific value of 42700 kJ/kg and density of 840 g/liter at 15 °C (60 °F). Merchant fuel may differ from this specification which will influence engine power output and fuel consumption.

Ratings R1 & R2, see explanation in Volvo Penta's Product Guide.



**VOLVO  
PENTA**

# 1. Engine Specifications

## 1-1 Engine Principal Particulars

(1) 4, 6CHE

Model		Unit	4CHE3	6CHE3
Type			Vertical, water-cooled, 4-cycle diesel engine	
Combustion chamber			Direct injection type	
No. of cylinders - cylinder bore x stroke		mm	4-105 x 125	6-105 x 125
Total cylinder displacement			4.33	6.49
Rated power / speed	Rating	<del>kW(mHP)/min<sup>-1</sup></del>	57.4 (78) / 2550	84.6 (115) / 2550
		<del>kW(mHP)/min<sup>-1</sup></del>	62.5 (85) / 2600	95.6 (130) / 2600
rated power	Brake mean effective pressure	MPa (kgf/cm <sup>2</sup> )	0.624 (6.35)	0.613 (6.25)
	Mean piston speed	m/s	10.63	10.63
	Power rating (PV value)	MPa•m/s (kgf/cm <sup>2</sup> •m/s)	6.63 (67.5)	6.52 (66.4)
(at M rated power)	Specific fuel consumption	With marine gear g/kWh (g/mHPh)	252 (185)	242 (178)
Specific lubricating oil consumption		g/k\Nh (g/mHPh)	0.27 0.82 (0.2 0.6) (at 100 % Load)	
Compression ratio			16.9	16.9
Crankshaft rotation direction			Counterclockwise, when viewed from the flywheel side	
Operating side			On the left, when viewed from the flywheel side	
Firing order			1-2-4-3-1	1-4-2-6-3-5-1
			(Opposite side of flywheel is NO. 1 cylinder)	
Supercharging system				
Cooling system			Fresh water cooling system (with a fresh water cooler)	
Volume of cooling fresh water			16.8 (in cooler & jacket)	20.8 (in cooler & jacket)
Lubricating system			Wet sump system, forced lubrication by gear pump	
Volume of lubricating oil (Engine)			Max. 15	Max. 18.5

Starting system			Electric starting motor		
Electric equipment	Starting motor		DC24V-4 kW		
	Alternator (Dynamo)		DC24V-25A		
Marine gear	Model		Standard	Option	YX-30-2
			YX-20-1	YX-30-2	
	Reduction ratio (Ahead)		2.03, 2.55, 2.96, 3.48	2.03, 2.55, 2.96, 3.48	2.03, 2.55, 2.96, 3.48
Engine dry mass (With marine gear)		kg	568	570	700

(2) 6CH-HTE3, 6CH-DTE3 6CH-UTE

Model		Unit	6CH-HTE3	6CH-DTE3	6CH-UTE	
Type			Vertical, water-cooled, 4-cycle diesel engine			
Combustion chamber			Direct injection type			
No. of cylinders - cylinder bore x stroke		mm	6-105 x 125			
Total cylinder displacement			6.49			
Rated power / speed		Rating	kW(mHP)/min <sup>-1</sup>	125 (170) / 2550	154 (210) / 2550	188 (255) / 2550
		L	kW(mHP in-l	140 (190) / 2600	169 (230) / 2600	206 (280) / 2600
rated power	Brake mean effective pressure		MPa (kgf/cm2)	0.905 (9.24)	1 .12 (11 .41)	1 .36 (13.86)
	Mean piston speed		m/s	10.63	10.63	10.63
	Power rating (PV value)		MPa•m/s (kgf/cm2•m/s)	9.62 (98.2)	11.9 (121.3)	14.5 (147.3)
(at M rated power) Specific fuel consumption		With marine gear	g/kWh (g/mHPh)	232 (171)	225 (165)	223 (164)
Specific lubricating oil consumption			g/kWh (g/mHPh)	0.27 0.82 (0.2 0.6) (at 1000/0 Load)		
Compression ratio			14.4	15.4	14.3	
Crankshaft rotation direction			Counterclockwise, when viewed from the flywheel side			
Operating side			On the left, when viewed from the flywheel side			
Firing order			1-4-2-6-3-5-1			

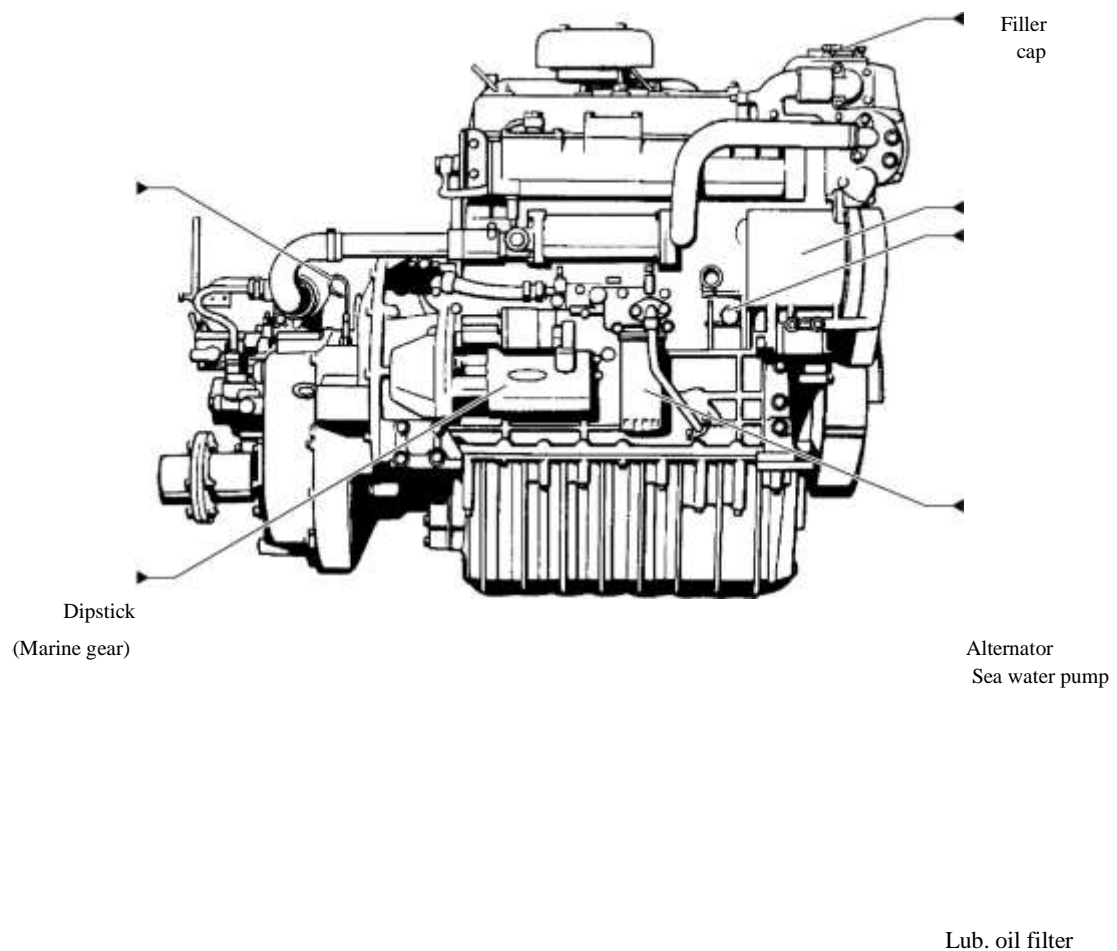
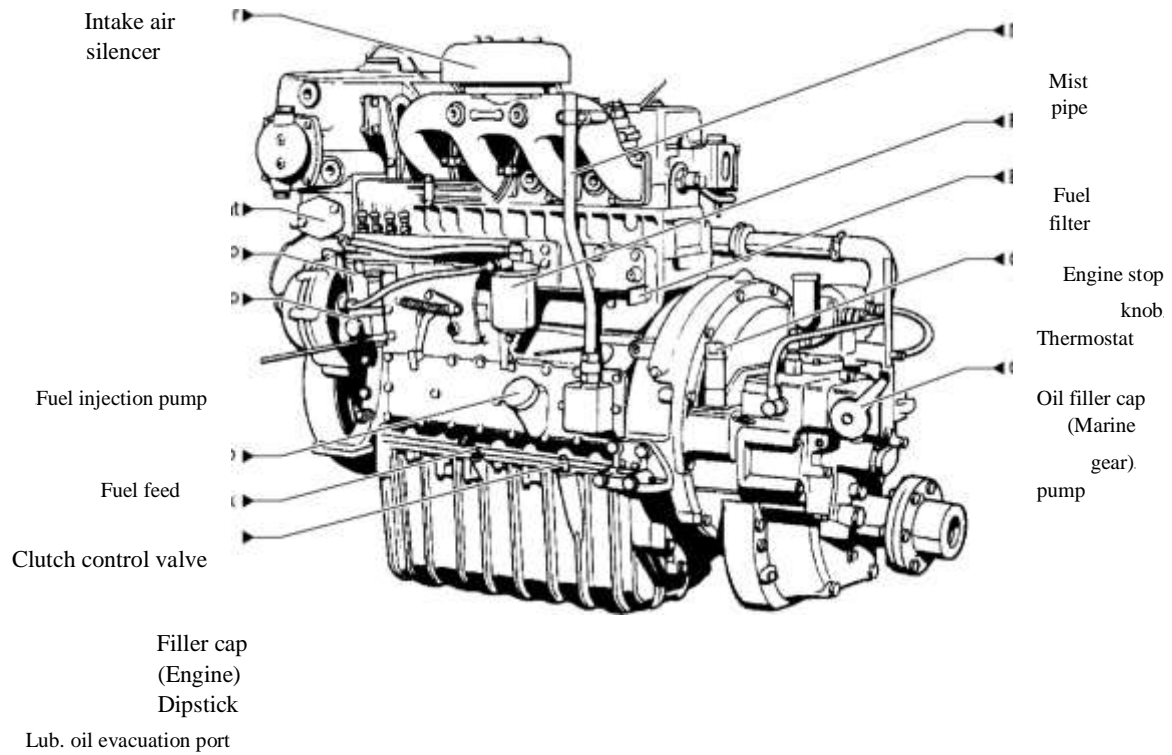


			(Opposite side of flywheel is NO. 1 cylinder)					
Supercharging system			T04B			T45		
			Exhaust gas turbocharger (with an air cooler)					
Cooling system			Fresh water cooling system (with a fresh water cooler)					
Volume of cooling fresh water			24.8 (in cooler & jacket)		24.7 (in cooler & jacket)			
Lubricating system			Wet sump system, forced lubrication by gear pump					
Volume of lubricating oil (Engine)			Max. 18.5		Max. 18.5		Max. 23	
Starting system			Electric starting motor					
Electric equipment	Starting motor		DC24V-4 kW		DC24V-4 kW			
	Alternator		DC24V-25A		DC24V-25A			
Marine gear	Model		YX-50S	YX-71	YX-71	MGN46BL	YX-71	MGN46BL
	Reduction ratio (Ahead)		2.03, 2.48, 2.88	3.53	2.07, 2.58, 2.91 , 3.53	3.90, 4.42	2.07, 2.58, 2.91, 3.53	3.90, 4.42
Engine dry mass (With marine gear)		kg	795	895	900	960	940	1 000

2

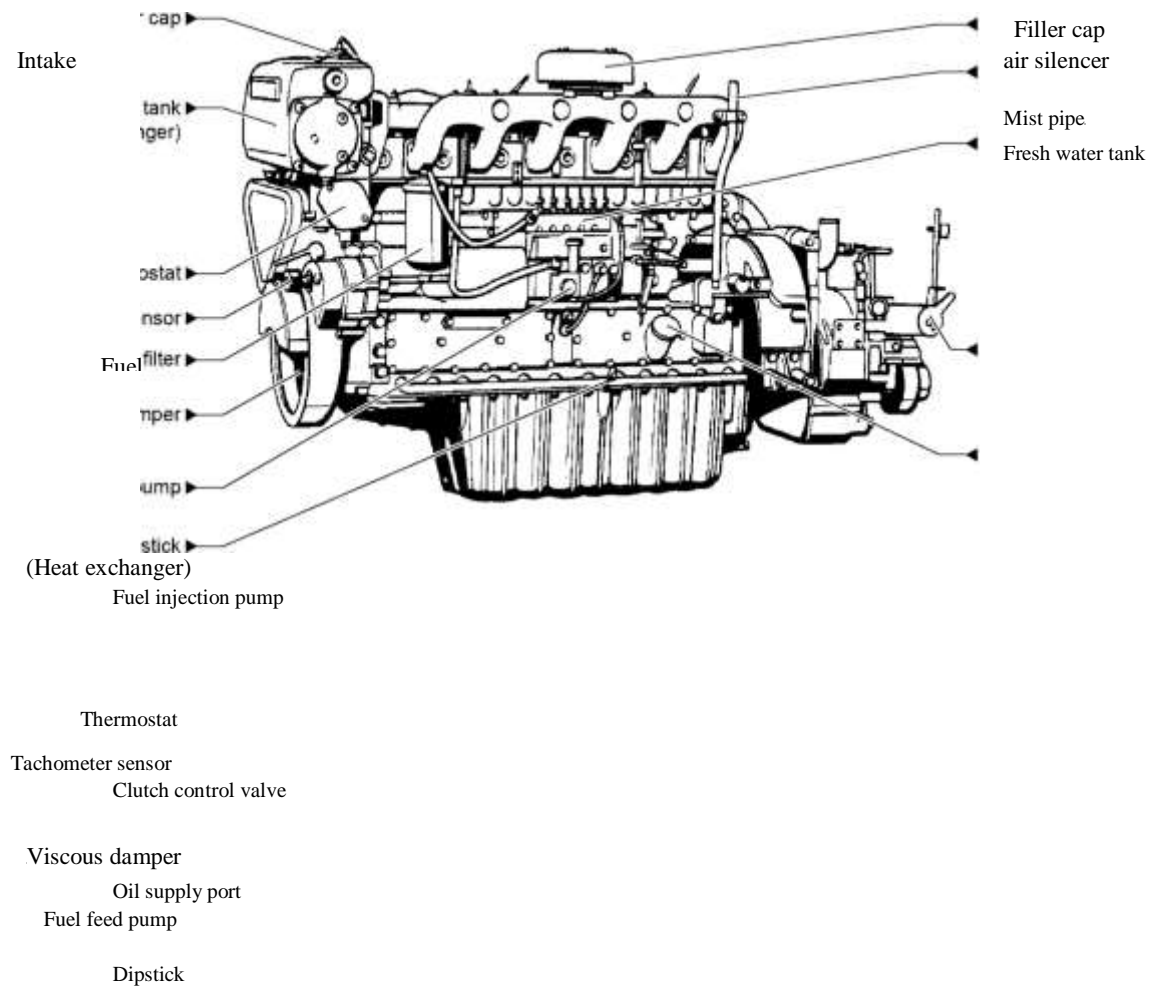
## 1-2 External View

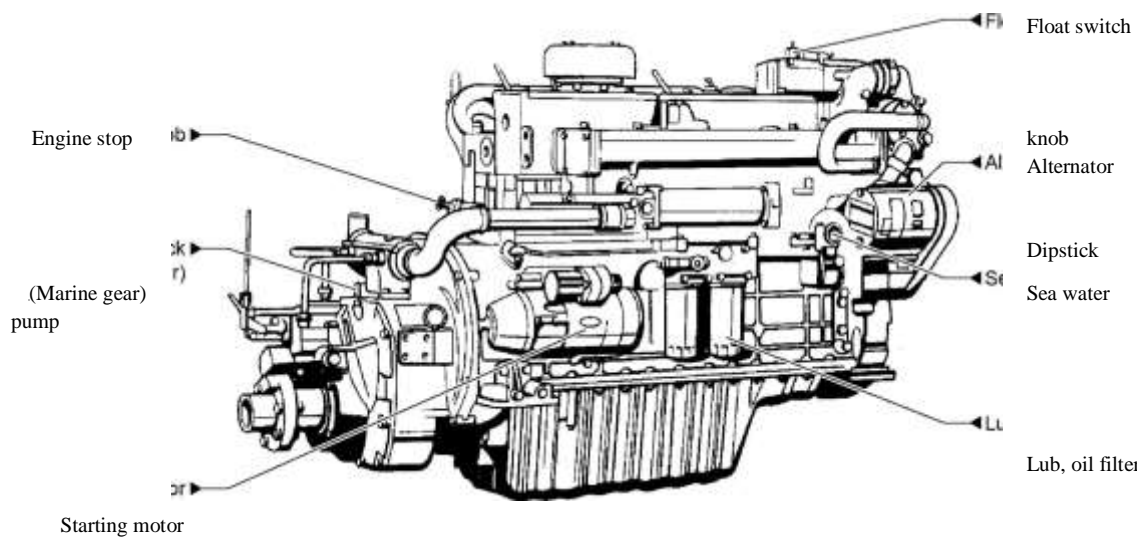
(1) Model 4CHE3





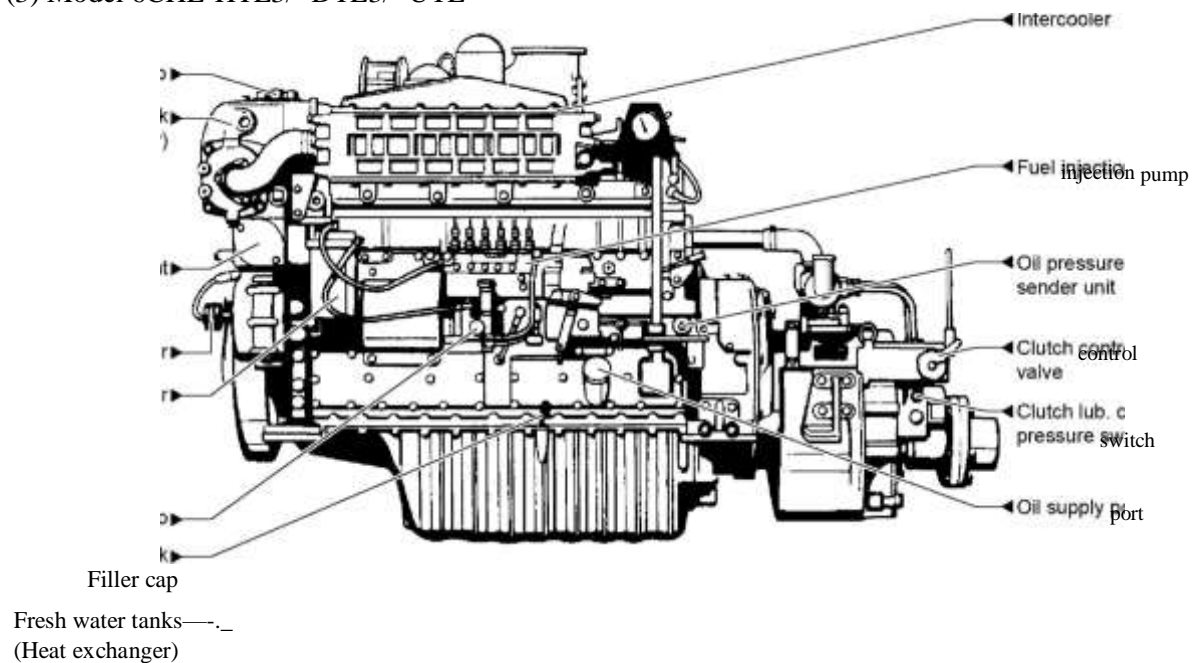
(2) Model 6CHE3





025588-00ES

### (3) Model 6CHE-HTE3/ -DTE3/ -UTE



Thermostat

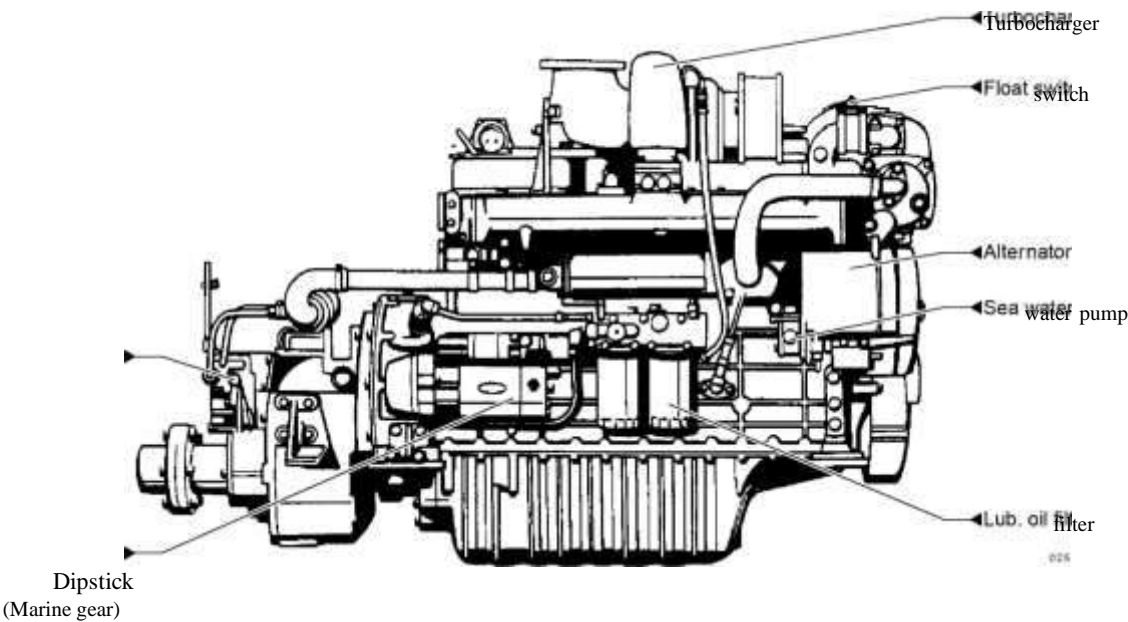
Tachometer sensor

Fuel filter

Oil

Fuel feed pump

Dipstick

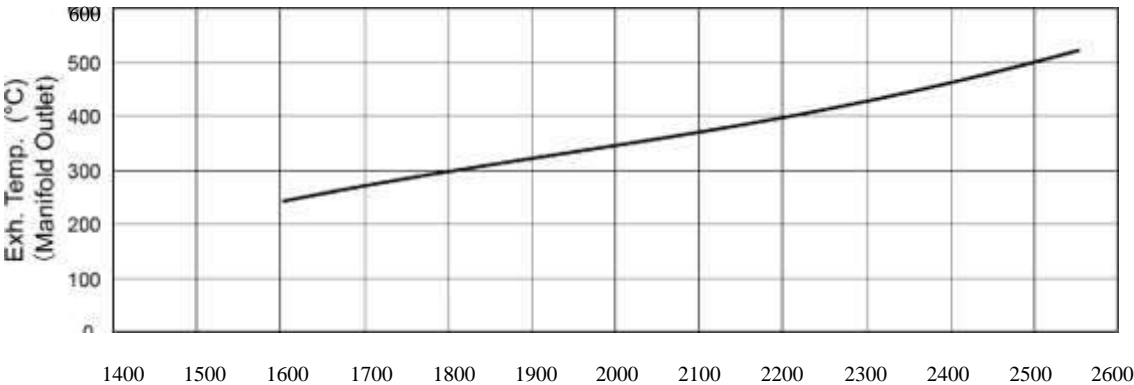


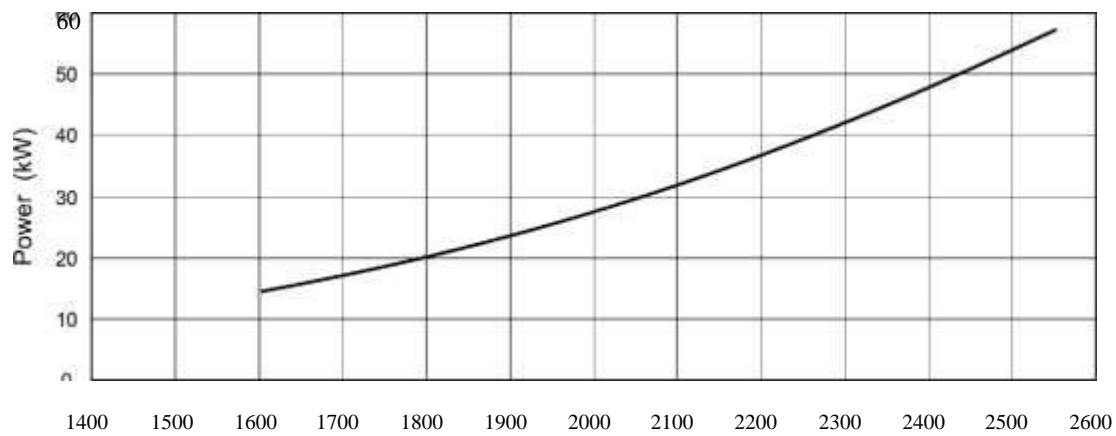
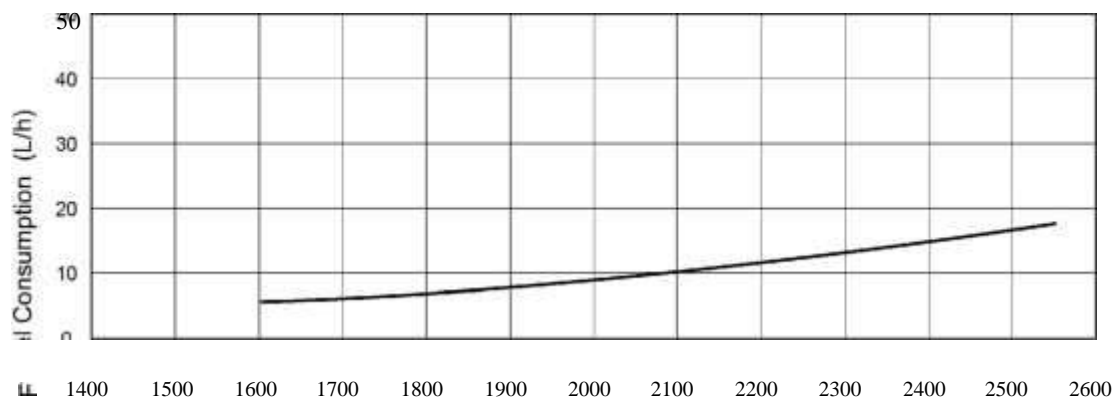
Starting motor

02ES89-OOES

# 1-4 Performance Curve

(1) 4CHE3 (57.4kW / 2550min -1 )





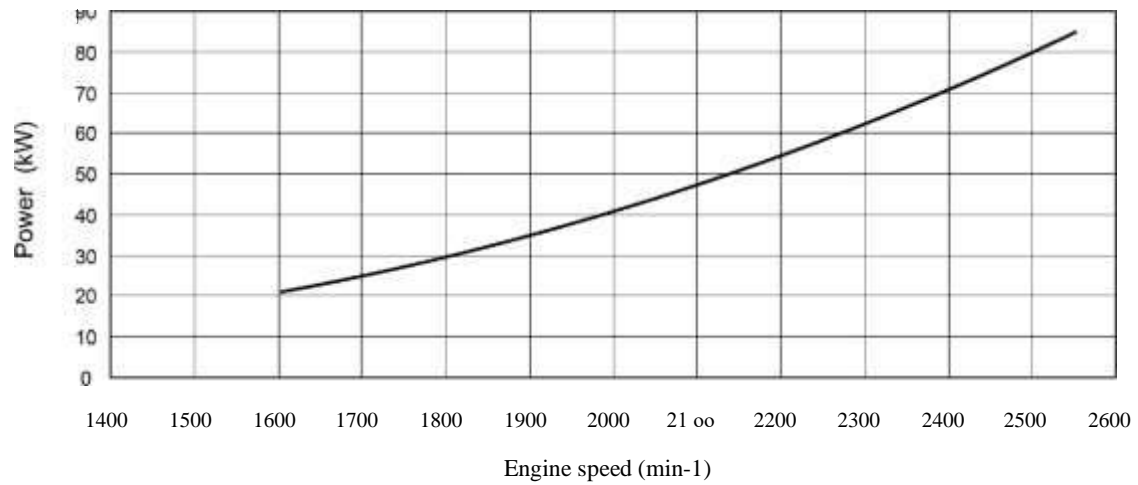
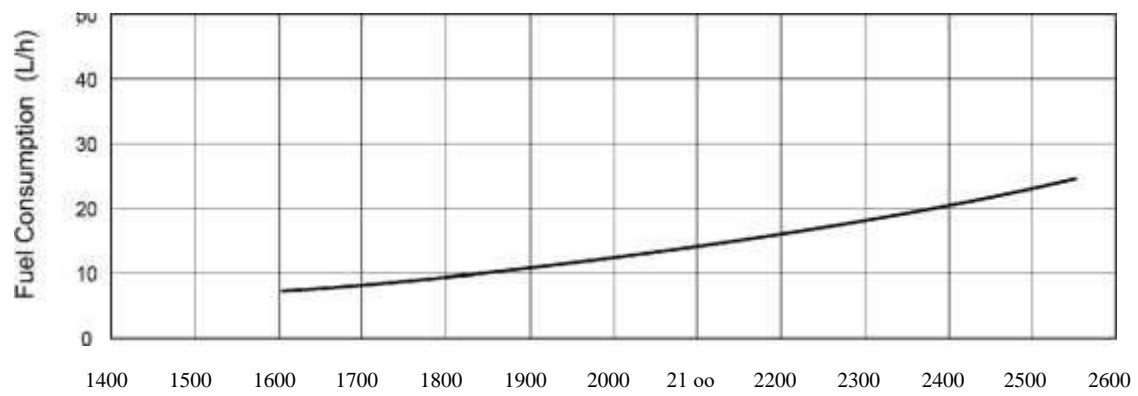
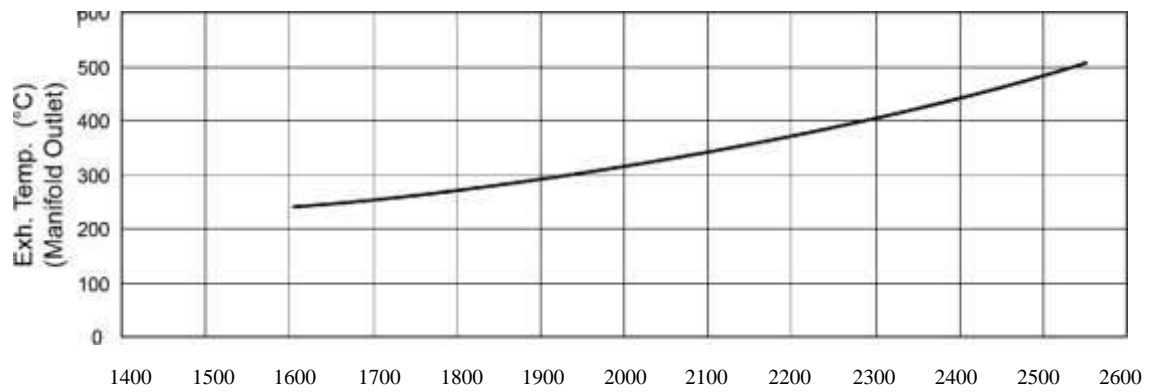
Engine speed (min-I)

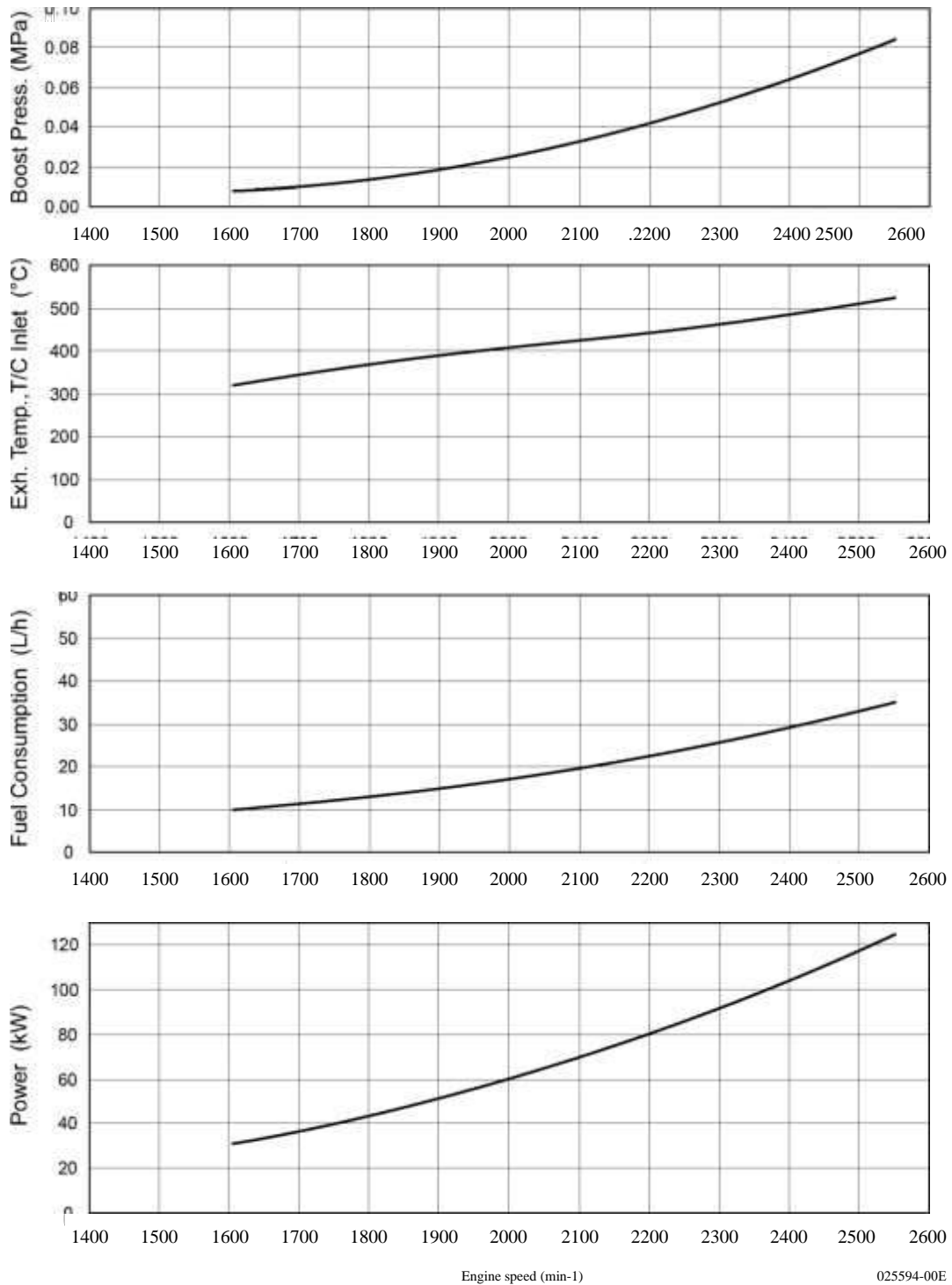
025592-COE



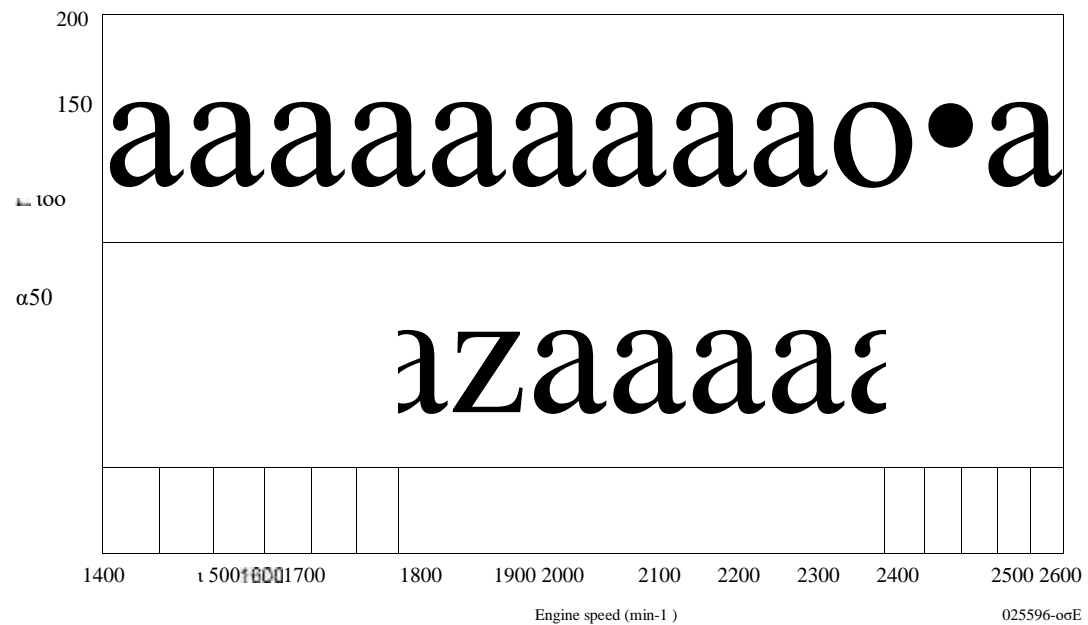
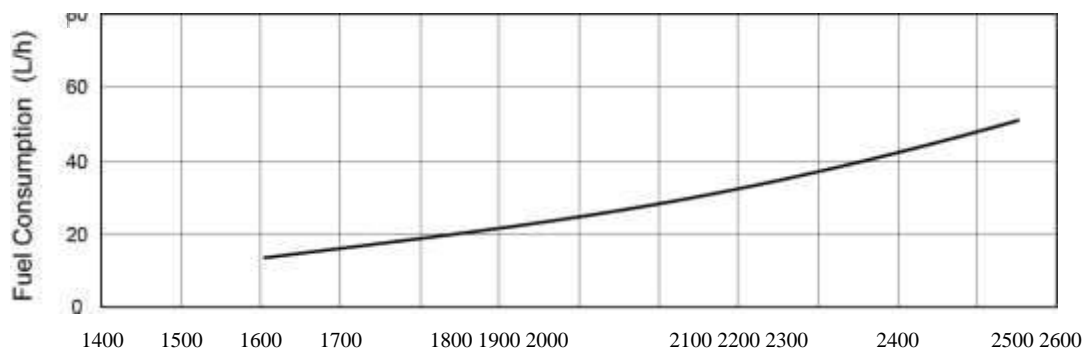
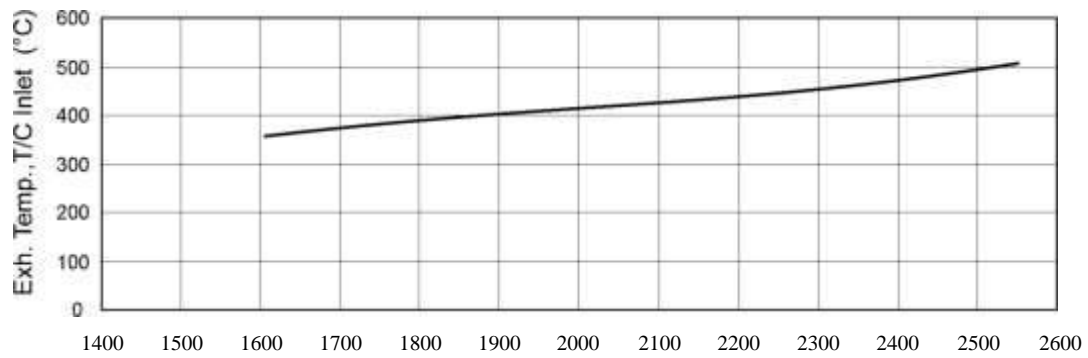
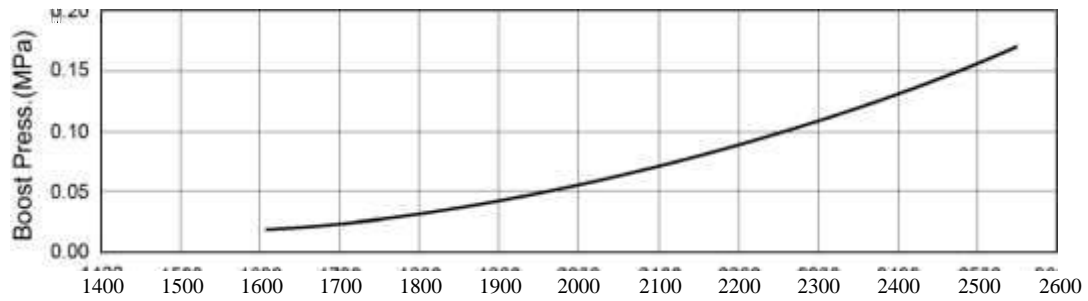


(2) 6CHE3 (84.6kvv / 25500min<sup>-1</sup> )



(3) 6CH-HTE3 (125kW / 2550min<sup>-1</sup>)

(5) 6CH-IJTE (188kW / 2550min<sup>-1</sup>)



## 2. Sales Conditions

### 2-1 Marine Propulsion Engine (with Marine Gear)

No.	Item	Sales conditions				
1	Applications and operating conditions	Power setting range			M Rating (kW / min-I )	L Rating (kW / min-I )
				4CHE3	57.4 / 2550	62.5 / 2600
				6CHE3	84.6 / 2550	95.6 / 2600
				6CH-HTE3	125 / 2550	140 / 2600
				6CH-DTE3	154 / 2550	169 / 2600
				6CH-UTE	188 / 2550	206 / 2600
2	Fuel used	Fuel oil		MGO or ADO (cetane number 45, Sulfur contents < 1% ) [Note: Marine diesel oil is not allowed.]		
		Fuel filter change interval	Sulfur cont. - 0.5%	1000 hr		
			Sulfur cont. 0.5-1 .00/0	500 hr		
		Water separator		shall be equipped		
3	Lub. oil used	4CHE3, 6CHE3	Grade	API CC or above		
			Viscosity	SAE #30 (or SAE #40 at ambient temp. 30 <sup>0</sup> C or above)		
		6CH-HTE3, 6CH-DTE3, 6CH-UTE	Grade	API CD or above		
			Viscosity	SAE     (or SAE     at ambient temp. n <sup>o</sup> c or above)		
		Marine Gear	Grade	API CC or above		
			Viscosity	SAE     (or SAE     at ambient temp. n <sup>o</sup> c or above)		
		Lub. oil change interval	Sulfur cont. of fuel 0.5%	500 hr		
			Sulfur cont. of fuel 0.5-1 .00/0	250 hr		
		Lub. oil filter replacement interval		500 hr		
		4	Front drive system	Allowable power		refer to the diagram for each front driving system
5	Torsional vibration	Request the torsional vibration calculation by ticking the order sheet. Also request torsional vibration measurement, if necessary.				

6	Reverse rotation		available by reduction/reversing gear
7	Minimum speed (min-I ) / allowable hours		600 / within 4 hrs
8	Necessary fresh air volume (at 100% load)		0.25 m <sup>3</sup> /min•kW
9	Ambient temperature CC)		< 45
10	Exhaust back pressure (max. kPa {mmAq} )		3.43 {350}
11	Battery	Battery capacity	24V-145G51 (150Ah) (200Ah for cold district.)
		Battery cable	80mm <sup>2</sup> , Length is less than 3 m
12	Rake angle	less than 8°	

## 2-2 Selection of Fuel Oil, Lubricating Oil and Cooling Water

### 1) Fuel Oil

#### • Quantity Criteria of Fuel Oil

Viscosity	at 323K (50 °C)	mm <sup>2</sup> /s (cSt)	<b>3-8</b>
Property critical value	Specific gravity at 15/4 °C		< 0.86
	Flash point		> 60
	Residual carbon	mass. %	< 0.7
	Sulfur content	mass. %	< 1.0
	Ash content	mass. %	
	Moisture content	vol. %	< 0.1
	Vanadium	ppm	
	Sodium	ppm	
	Aluminum	ppm	
	Diesel index		(Cetane No. > 45)
Quality criteria equivalent fuel oil		ASTM D975	
		BSI-2869	Class A

### 2) Lubricating Oil

- API (American Petroleum Institute) service grade: CC or above (for 4,6CHE3 and Marine Gear)  
CD or above (for 6CH-HTE3 / DTE3 / UTE)
  - T BN (Total Base Number): 8 - 11 (for grade CC)  
9 - 15 (for grade CD)
  - Viscosity: SAE30 (or SAE40 at ambient temp. 30 °C or above)
- Lubricating oil for engine use [API service grade CD (for reference)]

Company	Product name
---------	--------------

	SAE30	SAE40
SHELL	GADINIA OIL 30	GADINIA OIL 40
EXXON MOBIL	MOBILGARD 312	MOBILGARD 412
BRITISH PETROLEUM	B.P ENERGOL DS3-153	B.P ENERGOL DS3-154

(1) Use the same quality lubricating oil as shown above for governors.

### 3) Cooling Water

(1) Criteria for cooling fresh water

Use distilled or tap water with following quality.

Recommended water quality	
pH	6.3 - 8.5
Total hardness (CaCO <sub>3</sub> )	- 100 ppm
Chlorine ion (CC ) concentration	100 ppm
M alkalinity	100
Ammonia ions (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	0.05 ppm
Sulfate ions (SO <sub>4</sub> )	- 100 ppm
Evaporation residue	400 ppm

(2) Brands of corrosion inhibitor

Since the fresh water cooler in the CHE series engine is made of aluminum alloy, use the corrosion inhibitors shown below, or its equivalents.

Brands of commercial items (marine propulsion engine).

Brand	Supplier
Kurilex L-501	Kurita Water Industries Ltd.
Olgard C-601	Organo Co. Ltd
Nalfleet 9-111	NALCO JAPAN co., Ltd
Royal Freeze	Yanmar Sangyo Co., Ltd.

Refer to the corrosion inhibitor manufacturer's instruction manual and follow the directions.



---

## 6. Drawings of Engine Outline and Piping Diagram

---

### 6-1 Engine Outline (with Marine Gear)

(1) 4CHE3 with YX-20-1 (Standard)





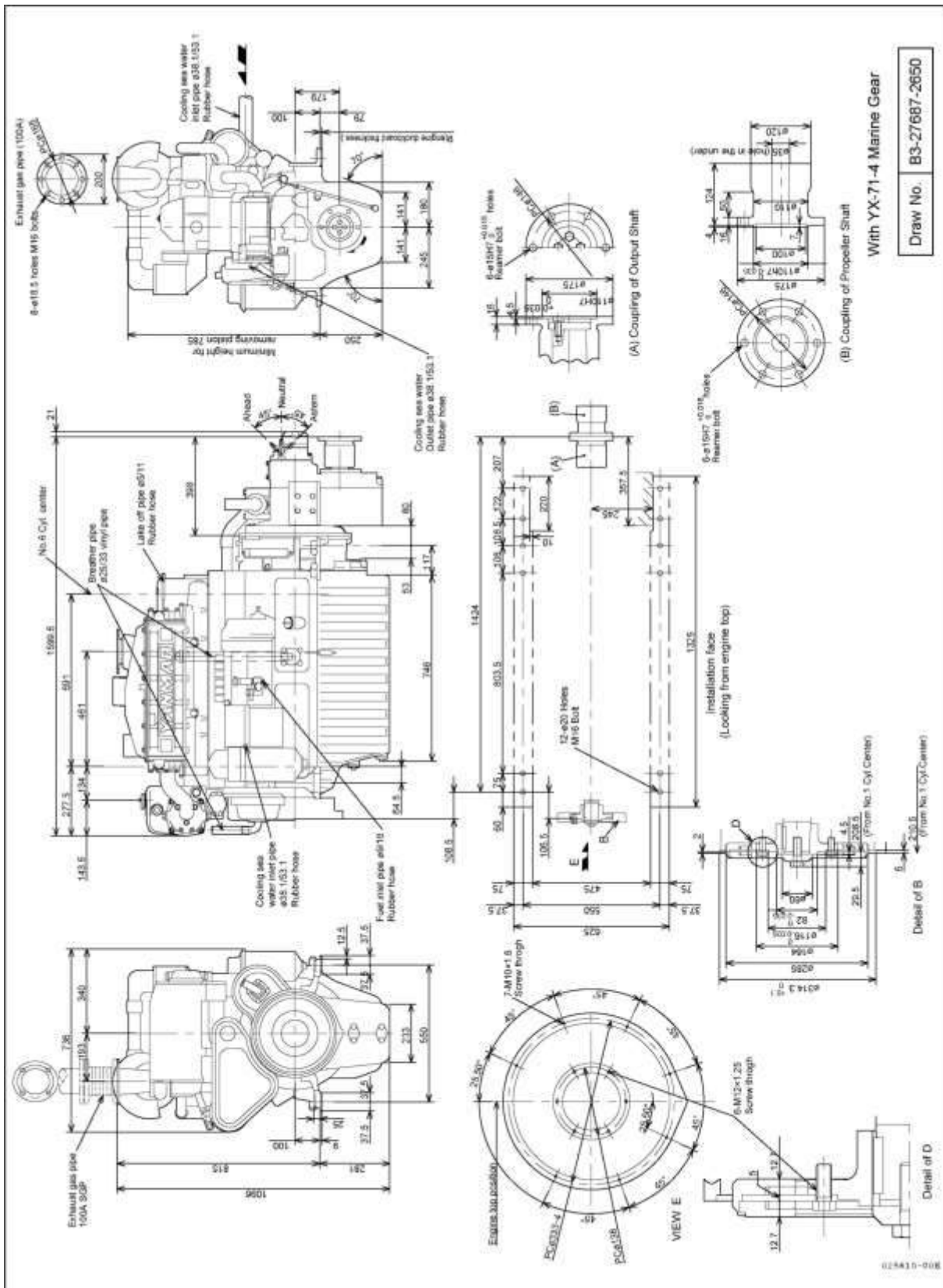
(Standard)

[illegible]



(Standard)

[illegible]



## 10. Maintenance Schedule

### 10-1 Periodical Maintenance

- (1) Periodical maintenance is an important factor in keeping the engine in the best condition. In accordance with operating hours given in the following maintenance schedule, perform periodic servicing.
- (2) When the parts are disassembled for checking and/or servicing, reassemble them properly.

### 10-2. Periodic Maintenance Schedule

□ : Replace. O : Check and refill, clean, adjust, lubricate, repair or replace if necessary.

Items			Service Period						Remarks
			Daily	Every 50hrs.	Every 250hrs.	Every 500hrs.	Every 1000hrs.	Every 2500hrs.	
Fuel System	Check fuel level and refill		O						
	Drain deposit and water in fuel tank		O (When replenished)						
	Drain deposit and water in fuel filter and fuel-water separator								
	Replace fuel filter element								
Lubrication System	Check oil pressure		O						
	Check oil level and refill (oil pan and marine gear)		O						
	Replace oil filter element			(1st time)					
	Clean oil cooler							O	
	Charge oil	Engine		(1st time)					
		Marine gear		(1st time)					
Cooling Sea Water System	Check cooling water discharging condition		O						
	Check / Replace sea water pump impeller						O		

	Check anti-corrosion zinc				O			
	Clean sea water system					O		
Cooling Fresh Water System	Check cooling water temperature	O						
	Check coolant level	O						
	Charge coolant					O		
	Clean fresh water system						O	

Items		Service Period						Remarks
		Daily	Every 50hrs.	Every 250hrs.	Every 500hrs.	Every 1000hrs.	Every 2500hrs.	
Fuel Injection Pump and Nozzle	Check injection timing						(5000hrs.)	
	Disassemble and check fuel feed pump						O	
	Check injection pressure and spray form						O	
	Replace injection nozzle						O	
Cylinder Head	Check valve clearance		O (1st time)			O		
	Lapping valve and seat						(5000hrs.)	
Check remote control wire			O (1st time)		O			
Electrical System	Check warning lamps	O			O			
	Check battery electrolyte level			O				
	Check alternator drive belt tension				O			
Turbocharger and Intercooler	Clean prefilter and turbocharger			O				6CH-HTE3 6CH-DTE3 6CH-UTE
	Check air/gas leakage	O						
	Disassemble and check major parts						(5000hrs.)	
	Check anti-corrosion zinc				O			
	Drain deposit in intercooler	O						
Marine gear	Check oil cooler						5000hrs.	
	Check oil filter screen					O		
	Check anti-corrosion zinc				O			
Thermo-stat	Clean plugs						O	6CH-HTE3 6CH-DTE3



								6CH- UTE
--	--	--	--	--	--	--	--	-------------



## DEUTZ Marine engine type BF04M1013MC 137 HP

[Buy](#)

Spesifikasi	Keterangan Tambahan	Riwayat Harga	Laporkan
Komoditas	Alat dan Mesin Perikanan		
Merek	Deutz		
No Produk	70101700-AMI-000116840		
Nama Produk	Marine engine type BF04M1013MC 137 HP		
Unit Pengukuran	unit		
Nama Penyedia	<a href="#">PT.MAXI UTAMA ENERGY</a>		
No Produk (Penyedia)	BF04M1013MC		
Jenis Produk	Impor		
Harga	IDR 315,700,000.00 (16 Juni 2016)		
Country of Origin	Germany		
Factory of Origin	Germany		
Merk Mesin	DEUTZ		
Model Mesin	BF04M1013MC		
Bahan Bakar	SOLAR		
Type Gearbox	DMT 50 A		
Merk Gearbox	Dong I		
Daya Mesin (Satuan HP)	137		
Nomor Sertifikasi tipe mesin dari BKI (Marine Engine BKI Class Type Approval)	16TA26		



### Lampiran:

- [BKI\\_TAC BFM1013M MCP.pdf \(1.01 MB\)](#)
- [LKPP-ongkir.xls \(25 KB\)](#)

Activate Windows  
Go to Settings to activate Windows



## CERTIFICATE OF TYPE APPROVAL

Type approval number.

: R 4\*II\*C1E2E3\*0035\*00

Notice of:

- granting,
- extension,
- refusal,
- withdrawal

of the type approval for an engine type, -family or -group with regard to the Emission of harmful substances in accordance with the Rhine Ships Inspection Regulation.

Reason for the extension

: n.a.

### SECTION I

#### 0 General information

- 0.1. Trade mark (name of the manufacturer) : Perkins/Sabre
- 0.2. Manufacturer's designation for the engine type(s), parent engine and (if applicable) for the engine type(s) within the family/ engine group : M92B, 2160/2400  
: 2160/2400 (parent engine)  
: 1104C-44
- 0.3. Manufacturer's engine code in accordance with the data on the engine(s) : M92B, 2160/2400
- Position : adhesive label to the left hand side of the cylinder block, on the top cover or a position where it will be visible with the engine installed
- Method of affixing : adhesive label
- 0.4. Purpose of the engine : auxillary engine with variable engine speed and variable load (C1)  
~~auxillary engine with constant engine speed (D2)~~  
ships main propulsion engine with constant engine speed (E2)  
ships main- or auxillary propulsion engine with propellor characteristics (E3)
- 0.5. Name and address of engine manufacturer : Perkins Engines Company Ltd.  
Eastfield  
Peterborough  
PE1 5NA  
Great Britain

Name and address of the manufacturer's representative : n.a.  
(if applicable)



**Type-approval number**

**: R 4\*II\*C1E2E3\*0035\*00**

0.6. Position and code of the engine identification number and method of affixing engine

: alluminum plate rivitted to the left hand side of the cylinder block when viewed from the rear of the engine

0.7. Position of the type approval number and the method of affixing

: adhesive label to the left hand side of the cylinder block, on the top cover or a postion were it will be visible with the engine installed

0.8. Address('s) of the assembly plant(s)

: As per 0.5

**SECTION II**

1. Possible restrictions on use

: n.a.

1.1. Special conditions to note when installing the engine(s) in the vessel

1.1.1. Maximum permissible inlet depression

: 3.5 kPa

1.1.2. Maximum permissible exhaustgas back pressure

: 15.0 kPa

2. Technical service responsible for performing the test

: TNO Automotive  
P.O. Box 6033  
2600 JA Delft  
The Netherlands

3. Date of test report

: 13 December 2004

4. Number of the test report

: 04.KR.KE.4403.1/KVS

5. I, the undersigned, hereby certify that the information supplied by the manufacturer in the attached specification sheet for the above mentioned engine(s) is correct and that the attached test results are valid for the engine type or parent engine. The specimen(s) for inspection was/were selected by the manufacturer, with the consent of the competent authority, and submitted as prototypes of the (parent)engine.

The type approval is granted/~~extended/~~ ~~refusude/~~ withdrawn

Place

: Delft

Date

: 15 DEC 2004

Signature

:   
K.J. van Steensel

Attachments: information document

Type-approval number  
TEST RESULTS

: R 4\*II\*C1E2E3\*0035\*00



0. General

- Trade mark (name of the manufacturer) : Perkins/ Sabre
- 0.2. Manufacturer's designation for the engine type(s), parent engine : M92B, 2160/2400  
and (if applicable) engine family/ engine-group : 2160/2400  
: 1104C-44
1. Information on the performed test
- 1.1 Testcycle
- Designation of the test cycle : C1, E2, E3
- 1.2. Engine output
- 1.2.1. Engine speeds
- Idle speed : 800 min<sup>-1</sup>  
Nominal speed : 2400 min<sup>-1</sup>
- 1.2.2. Power rating : 64 kW
- 1.3. Emission values:  
Emission values during the test

Cycle	C1	E2	E3	limit values
CO	1.18	0.88	0.59	5.0 g/kWh
HC	0.27	0.27	0.19	1.3 g/kWh
NO <sub>x</sub>	6.14	5.40	3.78	7.0 g/kWh
Particulates	0.24	0.20	0.15	0.40 g/kWh

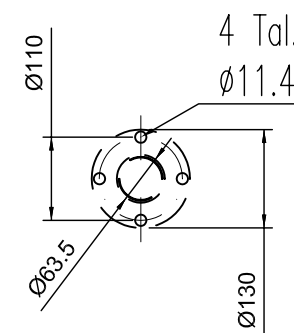
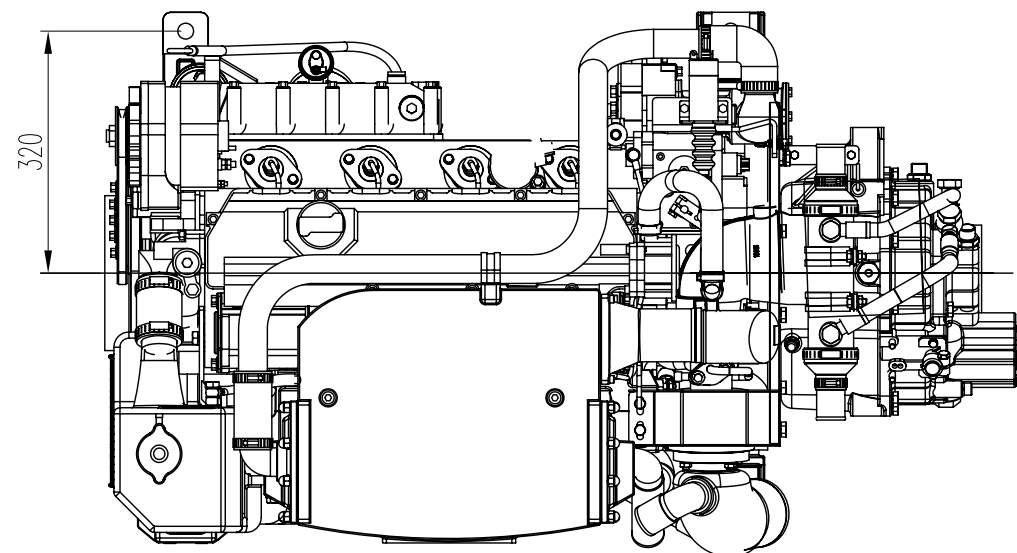
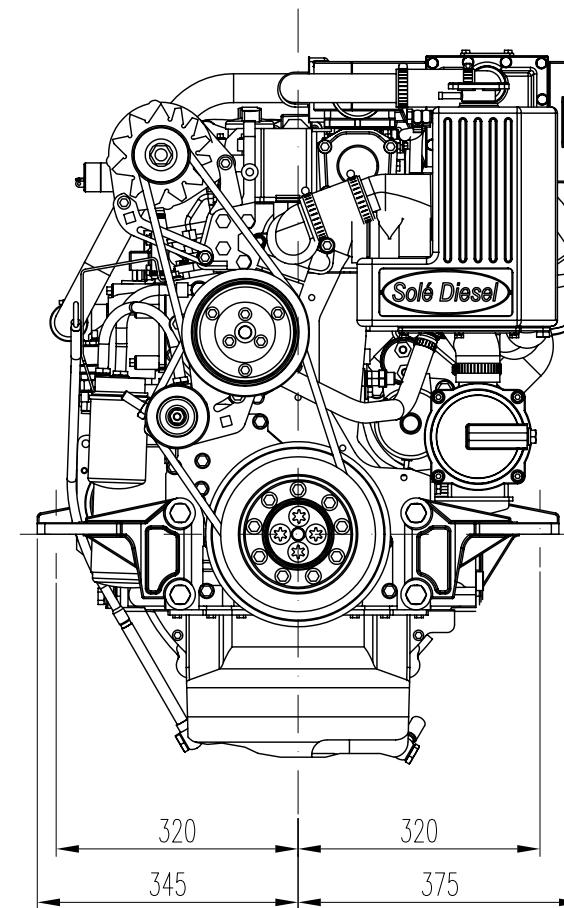
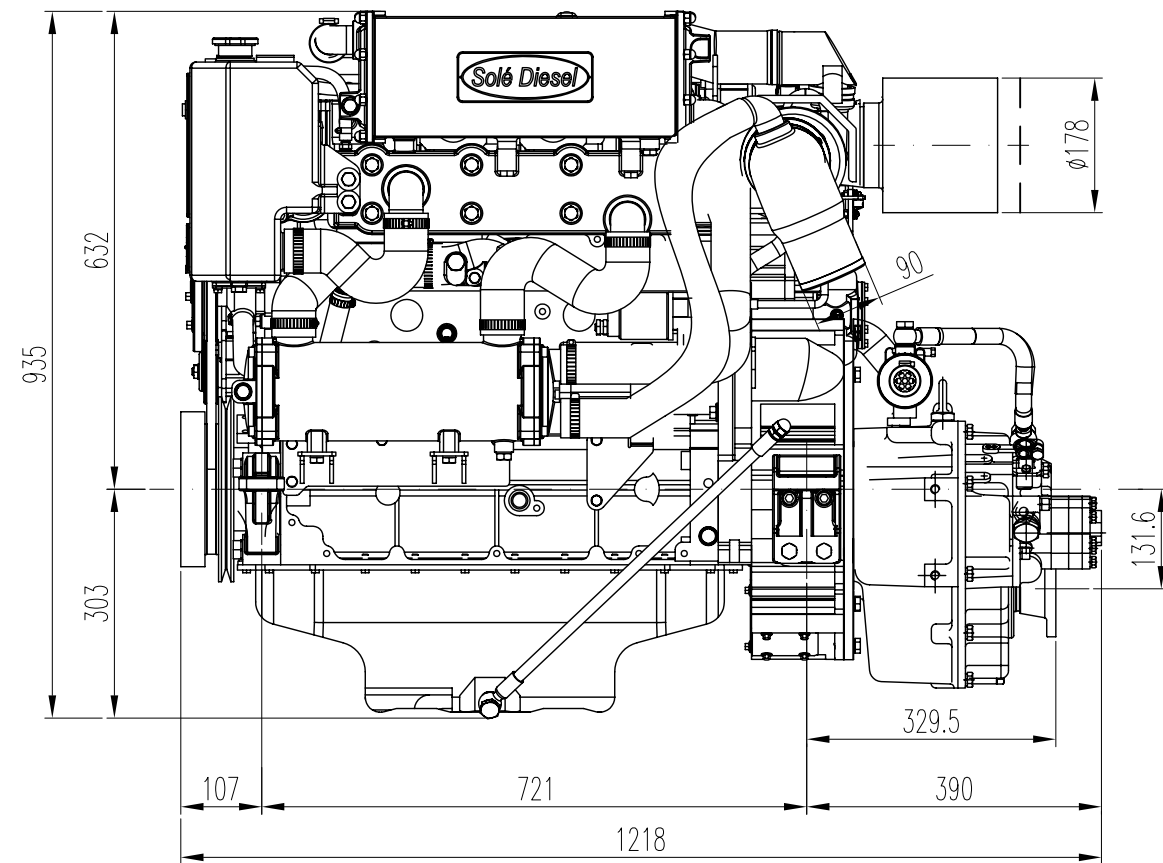
1.5.3. Competent authority or technical service

Place : Delft

Date : 15 DEC 2004

Signature

K.J. van Steensel



ACOPLAMIENTO INVERSOR  
GEARBOX COUPLING

SD-165 con INVERSOR TM-170				
SD-165 with TM-170 GEARBOX				
MATERIAL	TRACTAMENT	ACABAT	PRESENTACIÓ	ESCALA
				1:10
DIBUIXAT A. ORTI	VERIFICAT	Tol. GENERAL	DATA CREACIÓ 13-06-2010	ULTIMA REVISIÓ
SOLÉ, S.A.				







## SDZ-165

Inboard Engine Base Deutz

4 cylinders in line 160.5 HP (118 kW) 2300 rpm

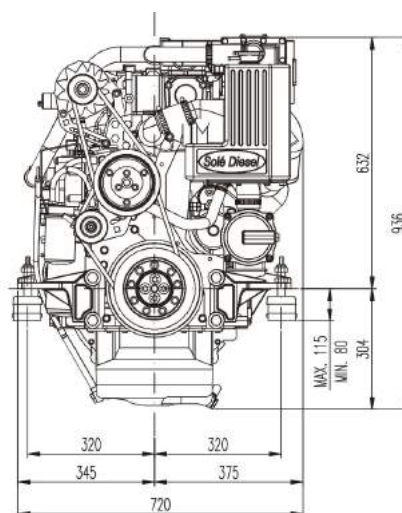
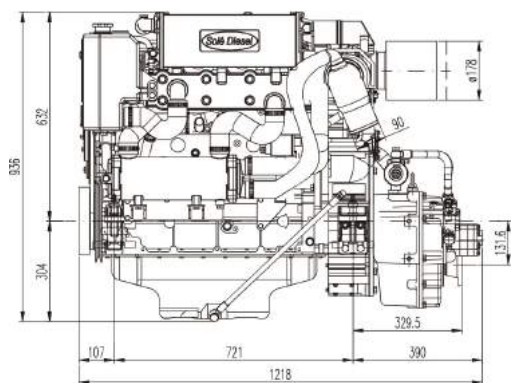


### Tekniska Data

Base	Deutz
Type	Diesel 4 Stroke Cycle
Number of Cylinders	4 in line
Intake System	Turbocharger & Intercooler
Bore x Stroke	108 mm x 130 mm (4,25 in x 5,12 in)
Total Displacement	4764 cc
Compression Ratio	17,5:1
Intermittent Power (ISO3046/1)	160.5 HP (118 kW)
Continuous Power	144.4 HP (106.2 kW)
Rated RPM	2300
Combustion System	Direct mechanical injection
Starter Motor	24 V (4 kW)
Alternator	55 A 24 V
Engine Max Installation Angle	Max static angle 7° (+ 3° in operation)
Direction of Rotation (Crankshaft)	Anti Clockwise
Cooling System	Sea water cooled heat exchanger
Dry Weight (bobtail)	688 Kg (1517 Lbs)
Water Hose (Inside Diameter)	42 mm (1,65 in)
Fuel Feed Hose (Inside Diameter)	12 mm (0,47 in)
Fuel Return Hose (Inside Diameter)	12 mm (0,47 in)
Exhaust hose (inside Diameter)	90 mm (3,54 in)
Certifications	EU: RCD I (Directive 94/25/EC)

### Dimensions

SDZ-165 TM-170

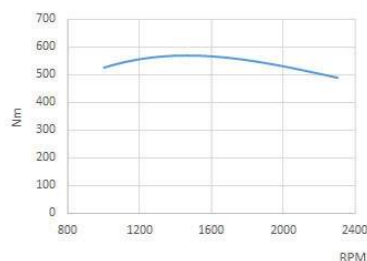


Dimensions in mm

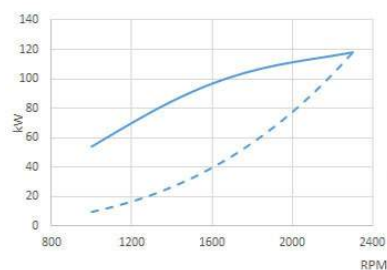


## Performance Curves

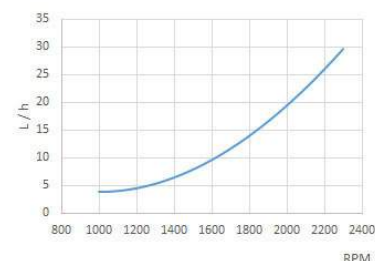
Crankshaft torque



Power (ISO 3046/1)



Fuel Consumption



Engine Power

Propeller Power

## Panels

### SVT 30 Standard



Tachometer including hour meter

Coolant Temperature Gauge

Pre-heating Pilot Light

Low Battery Alarm

High Temperature Alarm

Low Oil Pressure Alarm

5 Positions Key

Oil Pressure Gauge

Voltmeter

Dimensions: 255 x 160 mm



### SVT 40 Doble Panel

Tachometer including hour meter

Pre-heating Pilot Light

Low Battery Alarm

High Temperature Alarm

Low Oil Pressure Alarm

5 Positions Key

Dimensions: 205 x 155 mm

## Accessories

### Scope of Supply

Packaging

Instrument Panel SVT 30

Extension Harness 4 m

Sump Drain pump

Owner's Manual

### Optional Equipment & Kits

We have a wide range of available accessories and kits.

Our technical department will calculate the propeller to optimize your engine

For additional information access our website

## Gearbox

Model	Type	Down Angle	Reduction Ratio (Light Duty)	Reduction Ratio (Cont. Duty)	Engine Weight with Gearbox
<b>TM-170</b>	Hydraulic	0°	2.04:1 - 2.94:1 - 2.50:1 - 1.50:1	1.50:1	646 Kg (1424 Lbs )
<b>TM-200B</b>	Hydraulic	0°	-	3.60:1 - 4.48:1	790 Kg (1741 Lbs )
<b>TM-265A</b>	Hydraulic	7°	2.09:1	2.09:1	729 Kg (1607 Lbs )
<b>TM-880A</b>	Hydraulic	10°	2.08:1 - 2.60:1 - 1.53:1	1.53:1	622 Kg (1371 Lbs )
<b>ZF 63 IV</b>	V-Drive H.	12°	1.99:1	-	608 Kg (1340 Lbs )

Authorized Dealer



solediesel.com - info@solediesel.com

Detailed drawings, brochures and manuals are available on the web. © 2017, Solé Diesel. All rights reserved. Technical specifications, data and presentation are subjected to variations, changes and updates without prior notice, and without any obligation or liability whatsoever. Text and illustrations are not binding.

